

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-197615

(43)Date of publication of application : 12.07.2002

(51)Int.Cl.

G11B 5/31
G11B 5/187

(21)Application number : 2000-394697

(71)Applicant : ALPS ELECTRIC CO LTD

(22)Date of filing : 26.12.2000

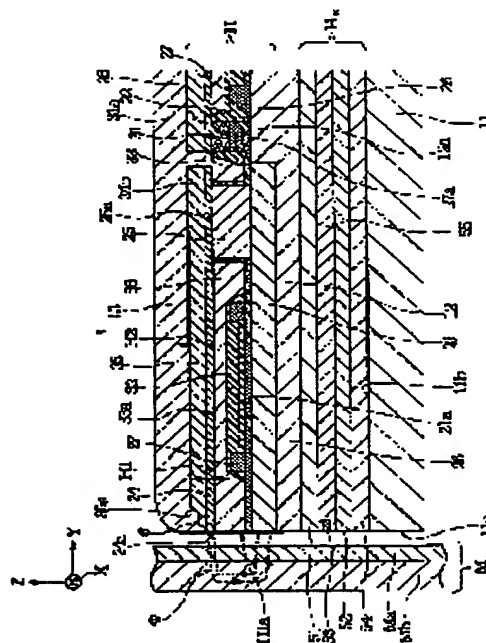
(72)Inventor : TAKAHASHI TORU
YAZAWA HISAYUKI
GOCHO HIDENORI
KOBAYASHI KIYOSHI
YAMADA MINORU
SATO KIYOSHI
WATANABE TOSHINORI

(54) PERPENDICULAR MAGNETIC RECORDING HEAD, AND ITS MANUFACTURING METHOD

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a perpendicular magnetic recording head capable of suppressing the occurrence of side fringing on a recording pattern, forming a main magnetic pole layer with high pattern accuracy, forming the film of a yoke layer to be thick, and increasing passing efficiency, and its manufacturing method.

SOLUTION: A main magnetic pole layer 24 is formed on a flat insulated layer 33 and, separately from the main magnetic pole layer 24, a thick yoke layer 35 is laminated on the main magnetic pole layer 24. The front end surface 24a of the main magnetic pole layer 24 is formed in such a shape that a width dimension in a track width direction is increased as it is farther away from an auxiliary magnetic pole layer 21. Thus, a perpendicular magnetic recording head is provided, which is capable of suppressing the occurrence of fringing on a recording pattern, forming the main magnetic pole layer with high pattern accuracy, and properly guiding a recording magnetic field to the tip of the main magnetic pole layer.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 26.02.2003

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 10.08.2004

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

BEST AVAILABLE COPY

[Number of appeal against examiner's decision of rejection] 2004-18509

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection] 08.09.2004

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開 2 0 0 2 - 1 9 7 6 1 5

(P 2002-197615A)

(43)公開日 平成14年7月12日(2002. 7. 12)

(51) Int. Cl. ⁷

識別記号

F I

テ-マコ-ト (参考)

G 1 1 B 5/31

G 1 1 B 5/31

D 5D033

5/187

5/187

C 5D111

B

審査請求 未請求 請求項の数 14

OL

(全 2 2 頁)

(21)出願番号 特願2000-394697(P2000-394697)

(22) 出願日 平成12年12月26日(2000. 12. 26)

(71)出願人 000010098

アルプス電気株式会社

東京都大田区雪谷大塚町1番7号

(72) 発明者 高橋 亨

東京都大田区雪谷大塚町1番7号 アルプス
電気株式会社内

(72) 発明者 矢澤 久幸

東京都大田区雪谷大塚町1番7号 アルプス
電気株式会社内

(74) 代理人 100085453

弁理士 野▲崎▼ 照夫

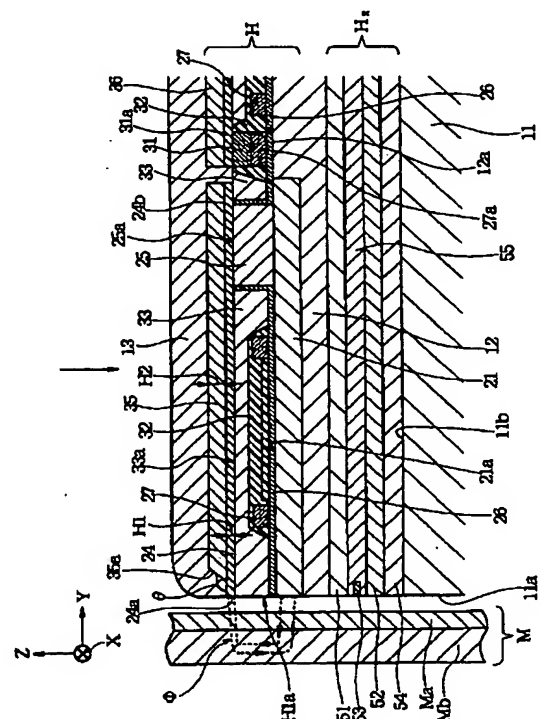
[最終頁に続く](#)

(54) 【発明の名称】 垂直磁気記録ヘッドおよびその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 従来の垂直磁気記録方式の垂直磁気記録ヘッドでは、記録パターンにフリンジングが発生し、主磁極層をパターン精度良く形成できず、また前記主磁極層は奥側領域までほぼ均一な膜厚で形成されていたので、前記主磁極層の先端に適切に記録磁界を導くことができなかった。

【解決手段】 主磁極層 2 4 は平坦化された絶縁層 3 3 上に形成され、また前記主磁極層 2 4 と別に膜厚の厚いヨーク層 3 5 が前記主磁極層 2 4 上に重ねられて形成されている。また前記主磁極層 2 4 の前端面 2 4 a は補助磁極層 2 1 から離れるにしたがってトラック幅方向への幅寸法が広がる形状で形成されている。これにより記録パターンにフリンジングが発生するのを抑制でき、さらに主磁極層をパターン精度良く形成でき、また前記主磁極層の先端に適切に記録磁界を導くことが可能な垂直磁気記録ヘッドを提供できる。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 補助磁極層と、前記補助磁極層上に形成された絶縁層と、前記絶縁層上に形成された主磁極層とが設けられ、前記絶縁層内に埋設されたコイル層から前記補助磁極層及び前記主磁極層に記録磁界が与えられることで、前記主磁極層に集中する垂直磁界によって、記録媒体に磁気データを記録する垂直磁気記録ヘッドにおいて、

前記主磁極層は平坦化面上に形成され、前記主磁極層の前端面は記録媒体との対向面に位置し、前記前端面は前記補助磁極層から離れるにしたがってトラック幅方向への幅寸法が広がる形状で形成され、且つ前記前端面の上面のトラック幅方向の幅寸法がトラック幅 T_w として規制され、

前記主磁極層の膜厚よりも厚い膜厚で形成されて前記対向面と平行な断面での断面積が前記主磁極層の前端面の面積よりも大きく、且つ前端面が、前記対向面よりも奥側に位置するヨーク層が、前記主磁極層と磁気的に接続されていることを特徴とする垂直磁気記録ヘッド。

【請求項 2】 前記対向面よりも奥側で前記補助磁極層上から立ち上がる接続層が形成され、

前記主磁極層は、平坦化された前記絶縁層上に形成され、前記ヨーク層は前記主磁極層上に重ねられて形成され、

前記主磁極層の基端部、あるいは前記ヨーク層の基端部が前記接続層に磁気的に接続される請求項 1 記載の垂直磁気記録ヘッド。

【請求項 3】 前記主磁極層の周囲には第 2 の絶縁層が形成され、この第 2 の絶縁層の上面と主磁極層の上面は同一平面上で形成され、前記平面上にヨーク層が形成される請求項 2 記載の垂直磁気記録ヘッド。

【請求項 4】 前記主磁極層上は、前記主磁極層の基端部上を除いて第 3 の絶縁層で覆われ、前記基端部上に前記ヨーク層が磁気的に接続されている請求項 2 記載の垂直磁気記録ヘッド。

【請求項 5】 前記対向面よりも奥側で前記補助磁極層上から立ち上がる接続層が形成され、

前記主磁極層は、平坦化された前記絶縁層上に形成され、基端部が前記接続層よりも前記対向面側に位置し、前記ヨーク層も前記絶縁層上に形成され、その前端面が前記主磁極層の後端面に磁気的に接続し、前記ヨーク層の基端部が前記接続層上に磁気的に接続している請求項 1 記載の垂直磁気記録ヘッド。

【請求項 6】 前記対向面よりも奥側で前記補助磁極層上から立ち上がる接続層が形成され、

前記ヨーク層は平坦化された前記絶縁層の上に形成され、基端部が前記接続層上に磁気的に接続し、また前記ヨーク層の前端面と前記対向面間には第 4 の絶縁層が形成され、この第 4 の絶縁層の上面と前記ヨーク層上面は平坦化されており、

主磁極層は、前記平坦化面上で前記ヨーク層と重ねられて形成されている請求項 1 記載の垂直磁気記録ヘッド。

【請求項 7】 前記対向面よりも奥側で前記補助磁極層上から立ち上がる接続層が形成され、平坦化された前記絶縁層上に磁性材料層が形成され、前記磁性材料層は前記対向面からハイト方向に向けて所定長さで形成される前方領域と前記前方領域の基端からハイト方向後方に向けて形成される後方領域とで構成され、前記後方領域の基端部が前記接続層に磁気的に接続され、

10 前記前方領域の膜厚は前記後方領域の膜厚に比べて薄く形成され、前記前方領域が前記主磁極層となっており、前記後方領域が前記ヨーク層となっている請求項 1 記載の垂直磁気記録ヘッド。

【請求項 8】 前記主磁極層の上または下に重ねられた前記ヨーク層の前記前端面は、前記主磁極層から離れるにしたがってハイト方向に傾く傾斜面あるいは湾曲面で形成されている請求項 2、3、4、6 のいずれかに記載の垂直磁気記録ヘッド。

【請求項 9】 前記主磁極層の前記前端面のトラック幅方向の両側端辺は、傾斜面、あるいは湾曲面で形成されている請求項 1 ないし 8 のいずれかに記載の垂直磁気記録ヘッド。

【請求項 10】 以下の工程を有することを特徴とする垂直磁気記録ヘッドの製造方法。

(a) 磁性材料で補助磁極層を形成する工程と、(b) 前記補助磁極層上であって、記録媒体との対向面よりも奥側に接続層を形成し、次に前記対向面と接続層間に、前記補助磁極層上に絶縁下地層を介してコイル層を形成した後、前記コイル層上を絶縁層で埋める工程と、

30 (c) 前記絶縁層の表面を削り、前記絶縁層上面と前記接続層上面を同一面とする工程と、(d) 前記絶縁層上及び接続層上にレジスト層を形成し、次に、少なくとも前記対向面でのトラック幅方向の内幅寸法が、前記補助磁極層から離れるにしたがって広がる抜きパターンを前記レジスト層に形成する工程と、(e) 前記抜きパターン内に主磁極層をメッキ形成した後、前記レジスト層を除去する工程と、(f) 前記主磁極層よりも厚い膜厚のレジスト層を前記主磁極層上から前記絶縁層上にかけて形成し、前記レジスト層に前端面が、前記対向面よりも奥側に位置するヨーク層の抜きパターンを前記主磁極層上に形成し、あるいは前記絶縁層上であって前記主磁極層の後端面からハイト方向に向けて形成し、前記抜きパターン内にヨーク層をメッキ形成した後、前記レジスト層を除去する工程。

【請求項 11】 前記 (f) 工程に代えて以下の工程を有する請求項 10 記載の垂直磁気記録ヘッドの製造方法。

(g) 前記主磁極層の周囲に第 2 の絶縁層を形成し、前記第 2 の絶縁層の上面と前記主磁極層の上面とを同一面上に形成する工程と、(h) 前記主磁極層よりも厚い膜

厚のレジスト層を前記主磁極層上から前記第 2 の絶縁層上にかけて形成し、前記レジスト層に前端面が、前記対向面よりも奥側に位置するヨーク層の抜きパターンを前記主磁極層および第 2 の絶縁層上に形成し、前記抜きパターン内にヨーク層をメッキ形成した後、前記レジスト層を除去する工程。

【請求項 12】 前記 (f) 工程に代えて以下の工程を有する請求項 10 記載の垂直磁気記録ヘッドの製造方法。

(i) 前記主磁極層上から前記絶縁層上にかけて第 3 の絶縁層を形成する工程と、(j) 少なくとも前記主磁極層の基端部に形成された前記第 3 の絶縁層に穴部を形成する工程と、(k) 前記第 3 の絶縁層上に前記主磁極層よりも厚い膜厚のレジスト層を形成した後、前端面が、前記対向面よりも奥側に位置するヨーク層の抜きパターンを形成し、前記抜きパターン内にヨーク層をメッキ形成した後、前記レジスト層を除去する工程。

【請求項 13】 前記 (d) 工程ないし (f) 工程に代えて、以下の工程を有する請求項 10 記載の垂直磁気記録ヘッドの製造方法。

(l) 前記絶縁層上にレジスト層を形成し、前端面が、前記対向面よりも奥側に位置するヨーク層の抜きパターンを形成し、前記抜きパターン内にヨーク層をメッキ形成した後、前記レジスト層を除去する工程と、(m) 前記ヨーク層上および前記絶縁層上に、新たに第 4 の絶縁層を形成し、前記第 4 の絶縁層を削って、前記第 4 の絶縁層の上面と前記ヨーク層の上面を同一面とする工程と、(n) 前記ヨーク層上、および第 4 の絶縁層上に、前記ヨーク層よりも薄い膜厚のレジスト層を形成し、前記ヨーク層の前端面よりも対向面側に位置する前記第 4 の絶縁層上のレジスト層から前記ヨーク層上のレジスト層にかけて主磁極層の抜きパターンを形成する工程と、(o) 前記抜きパターン内に主磁極層をメッキ形成した後、前記レジスト層を除去する工程。

【請求項 14】 前記 (d) 工程ないし (f) 工程に代えて以下の工程を有する請求項 10 に記載の垂直磁気記録ヘッドの製造方法。

(p) 前記絶縁層上及び接続層上にレジスト層を形成し、次に、少なくとも前記対向面でのトラック幅方向の内幅寸法が、前記補助磁極層から離れるにしたがって広がる抜きパターンを前記レジスト層に形成し、さらに前記抜きパターンの基端部を前記接続層上にまで形成する工程と、(q) 前記抜きパターン内に磁性材料層をメッキ形成した後、前記レジスト層を除去する工程と、

(r) 前記磁性材料層上にレジスト層を形成し、露光現像により前記磁性材料層上の対向面側からハイト方向に所定距離だけ抜きパターンを形成し、前記抜きパターン内から露出した前記磁性材料層の一部を除去して膜厚を薄くし、この部分を主磁極層とし、前記レジスト層下に形成された磁性材料層をヨーク層とする工程。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、例えばハード面を有するディスクなどの記録媒体に対して垂直磁界を与えて記録を行う垂直磁気記録ヘッドに係り、特に記録パターンにフリンジングが発生するのを抑制すると共に主磁極層をパターン精度良く形成でき、且つヨーク層の膜厚を厚く形成でき、通過効率を向上させることが可能な垂直磁気記録ヘッドおよびその製造方法を提供することを目的としている。

【0002】

【従来の技術】ディスクなどの記録媒体に磁気データを高密度で記録する装置として垂直磁気記録方式がある。図 38 は前記垂直磁気記録方式の装置に使用される垂直磁気記録ヘッドの一般的な構造を示す断面図である。

【0003】図 38 に示すように、垂直磁気記録方式の垂直磁気記録ヘッド H は、記録媒体上を浮上して移動しまたは摺動するスライダ 1 の側端面に設けられるものであり、例えばスライダ 1 の側端面 1 a において、前記垂直磁気記録ヘッド H は、非磁性膜 2 と、非磁性の被覆膜 3 との間に配置される。

【0004】前記垂直磁気記録ヘッド H は、強磁性材料で形成された補助磁極層 4 と、前記補助磁極層 4 の上に間隔を開けて形成された同じく強磁性材料で形成された主磁極層 5 とを有しており、前記補助磁極層 4 の端面 4 a と前記主磁極層 5 の端面 5 a とが、記録媒体 M との対向面 H a に現れている。前記対向面 H a よりも奥側において、前記補助磁極層 4 と前記主磁極層 5 は、磁気接続部 6 において磁氣的に接続されている。

【0005】前記補助磁極層 4 と前記主磁極層 5 との間には Al_2O_3 、 SiO_2 などの無機材料による非磁性絶縁層 7 が位置しており、前記対向面 H a では、この非磁性絶縁層 7 の端面 7 a が、前記補助磁極層 4 の端面 4 a と前記主磁極層 5 の端面 5 a との間に現れている。

【0006】そして、前記非磁性絶縁層 7 内には、Cu などの導電性材料で形成されたコイル層 8 が埋設されている。

【0007】図 38 に示すように、主磁極層 5 の端面 5 a の厚み h w は、補助磁極層 4 の端面 4 a の厚み h r よりも小さくなっている。また前記主磁極層 5 のトラック幅方向（図示 X 方向）の端面 5 a の幅寸法はトラック幅 T w であり、この幅寸法は、前記補助磁極層 4 のトラック幅方向の端面 4 a の幅寸法よりも十分に小さくなっている。

【0008】前記垂直磁気記録ヘッド H により磁気記録が行われる記録媒体 M は、垂直磁気記録ヘッド H に対して Z 方向へ移動するものであり、その表面にハード面 M a が内方にソフト面 M b が設けられている。

【0009】前記コイル層 8 に通電されることにより補助磁極層 4 と主磁極層 5 とに記録磁界が誘導されると、

補助磁極層 4 の端面 4 a と、主磁極層 5 の端面 5 a との間での漏れ記録磁界が、記録媒体 M のハード面 M a を垂直に通過し、ソフト面 M b を通る。ここで、前記のように主磁極層 5 の端面 5 a の面積が、補助磁極層 4 の端面 4 a での面積よりも十分に小さくなっているため、主磁極層 5 の端面 5 a の対向部分で磁束 Φ が集中し、端面 5 a が対向する部分での前記ハード面 M a に対し、前記磁束 Φ により磁気データが記録される。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら図 38 に示す従来の垂直磁気記録ヘッド H では、以下のような問題点が発生した。

【0011】(1) 図 38 に示す構造では、前記非磁性絶縁層 7 の上面に面粗れが発生しており、この上に形成される主磁極層 5 のパターン精度は低下する。特に、前記対向面 H a に現れている前記主磁極層 5 の端面 5 a の面積を小さくして洩れ記録磁界を集中させることが必要であり、また記録媒体 M への高記録密度を達成するために、前記端面 5 a のトラック幅 T w を狭くする必要がある。

【0012】よって図 38 では、前記主磁極層 5 の端面 5 a のトラック幅 T w をパターン精度良く狭トラック化して形成することが困難となり、高記録密度化に適切に対応することができない。

【0013】(2) 前記コイル層 8 から誘導された磁界を対向面 H a へ導くために、前記主磁極層 5 の奥側の領域において、磁束を通過させる断面積を広くすることが必要である。しかし図 38 に示す構造では、前記主磁極層 5 の膜厚はハイト方向（図示 Y 方向）後方にかけてほぼ一定した膜厚で形成され、従って前記主磁極層 5 の膜厚を奥側領域で大きくできず、効果的に前記コイル層 8 からの誘導磁界を前記主磁極層 5 の先端に導くことができない。

【0014】(3) 図 38 のように、前記主磁極層 5 が単一の膜で形成されていると、前記主磁極層 5 の前記端面 5 a のトラック幅 T w のみを極端に小さくすることが難しい。すなわち、レジスト層に抜きパターンを形成し、その抜きパターン内に磁性材料をメッキなどで形成して前記主磁極層 5 を形成する場合に、端面 5 a を形成する部分でのみ前記抜きパターンの幅寸法を極端に小さくすることが難しい。

【0015】(4) スライダ 1 がディスク状の記録媒体 M の外周と内周との間を移動する際に、記録媒体 M の回転接線方向（図示 Z 方向）に対して前記主磁極層 5 の端面 5 a が傾くスキュー角が発生することがある。ここで図 39 に示すように主磁極層 5 の端面 5 a が正方形または長方形であると、主磁極層 5 の端面 5 a が、記録媒体の回転接線方向（図示 Z 方向）に対してスキュー角を有すると、破線で示すように主磁極層の側辺 5 b がトラック幅 T w 1 内に斜めの漏れ磁界を与えてフリンジング F

が発生し、オフトラック性能の低下を招く。

【0016】そこで本発明は上記従来の課題を解決するものであり、前記主磁極層の端面をパターン精度良く狭トラック化に対応できる垂直磁気記録ヘッド及びその製造方法を提供することを目的としている。

【0017】また本発明は、前記主磁極層の奥側領域での膜厚を効果的に大きくすることができ、コイル層から誘導された磁束を前記主磁極層の端面に適切に導くことが可能な垂直磁気記録ヘッド及びその製造方法を提供することを目的としている。

【0018】また本発明は、記録パターンにフリンジングが発生するのを抑制でき、オフトラック性能の向上を図ることが可能な垂直磁気記録ヘッド及びその製造方法を提供することを目的としている。

【0019】

【課題を解決するための手段】本発明は、補助磁極層と、前記補助磁極層上に形成された絶縁層と、前記絶縁層上に形成された主磁極層とが設けられ、前記絶縁層内に埋設されたコイル層から前記補助磁極層及び前記主磁極層に記録磁界が与えられることで、前記主磁極層に集中する垂直磁界によって、記録媒体に磁気データを記録する垂直磁気記録ヘッドにおいて、前記主磁極層は平坦化面上に形成され、前記主磁極層の前端面は記録媒体との対向面に位置し、前記前端面は前記補助磁極層から離れるにしたがってトラック幅方向への幅寸法が広がる形状で形成され、且つ前記前端面の上面のトラック幅方向の幅寸法がトラック幅 T w として規制され、前記主磁極層の膜厚よりも厚い膜厚で形成されて前記対向面と平行な断面での断面積が前記主磁極層の前端面の面積よりも大きく、且つ前端面が、前記対向面よりも奥側に位置するヨーク層が、前記主磁極層と磁氣的に接続されていることを特徴とするものである。

【0020】上記の本発明では、前記主磁極層は平坦化された絶縁層上に形成される。よって前記主磁極層をパターン精度良く形成することができ、特に前記主磁極層の前記端面の狭トラック化を適切に図ることができる。

【0021】また本発明では、前記主磁極層の前端面のトラック幅方向の寸法が、前記補助磁極層から離れるにしたがって徐々に広がる形状で形成されることにより、記録パターンにフリンジングが発生するのを適切に抑制でき、オフトラック特性の向上を図ることが可能である。

【0022】また本発明では、前記主磁極層よりも膜厚の大きいヨーク層が前記主磁極層に磁氣的に接続されていることにより、前記ヨーク層から前記主磁極層に効果的に磁束を導くことができ、通過効率が良くなって、オーバーライト特性を向上できる。

【0023】本発明では、以下に示すような具体的な構造の垂直磁気記録ヘッドを提供することができる。

【0024】まず本発明では、前記対向面よりも奥側で

前記補助磁極層上から立ち上がる接続層が形成され、前記主磁極層は、平坦化された前記絶縁層上に形成され、前記ヨーク層は前記主磁極層上に重ねられて形成され、前記主磁極層の基端部、あるいは前記ヨーク層の基端部が前記接続層に磁氣的に接続されるものである。この実施形態は図 1 である。

【0025】また本発明では、前記主磁極層の周囲には第 2 の絶縁層が形成され、この第 2 の絶縁層の上面と主磁極層の上面は同一平面上で形成され、前記平面上にヨーク層が形成されることが好ましい。この実施形態は図 11 および図 12 である。

【0026】また本発明では、前記主磁極層上は、前記主磁極層の基端部上を除いて第 3 の絶縁層で覆われ、前記基端部上に前記ヨーク層が磁氣的に接続されていることが好ましい。この実施形態は、図 5 である。

【0027】または本発明では、前記対向面よりも奥側で前記補助磁極層上から立ち上がる接続層が形成され、前記主磁極層は、平坦化された前記絶縁層上に形成され、基端部が前記接続層よりも前記対向面側に位置し、前記ヨーク層も前記絶縁層上に形成され、その前端面が前記主磁極層の後端面に磁氣的に接続し、前記ヨーク層の基端部が前記接続層上に磁氣的に接続しているものである。この実施形態は図 2 である。

【0028】または本発明では、前記対向面よりも奥側で前記補助磁極層上から立ち上がる接続層が形成され、前記ヨーク層は平坦化された前記絶縁層の上に形成され、基端部が前記接続層上に磁氣的に接続し、また前記ヨーク層の前端面と前記対向面間には第 4 の絶縁層が形成され、この第 4 の絶縁層の上面と前記ヨーク層上面は平坦化されており、主磁極層は、前記平坦化面上で前記ヨーク層と重ねられて形成されているものである。この実施形態は図 3 および図 4 である。

【0029】あるいは本発明では、前記対向面よりも奥側で前記補助磁極層上から立ち上がる接続層が形成され、平坦化された前記絶縁層上に磁性材料層が形成され、前記磁性材料層は前記対向面からハイト方向に向けて所定長さで形成される前方領域と前記前方領域の基端からハイト方向後方に向けて形成される後方領域とで構成され、前記後方領域の基端部が前記接続層に磁氣的に接続され、前記前方領域の膜厚は前記後方領域の膜厚に比べて薄く形成され、前記前方領域が前記主磁極層となっており、前記後方領域が前記ヨーク層となっているものである。この実施形態は図 6 である。

【0030】また本発明では、前記主磁極層の上または下に重ねられた前記ヨーク層の前記前端面は、前記主磁極層から離れるしたがってハイト方向に傾く傾斜面あるいは湾曲面で形成されていることが好ましい。

【0031】さらに本発明では、前記主磁極層の前記前端面のトラック幅方向の両側端部は、傾斜面、あるいは湾曲面で形成されていることが好ましい。

【0032】次に本発明における垂直磁気記録ヘッドの製造方法は、以下の工程を有することを特徴とするものである。

(a) 磁性材料で補助磁極層を形成する工程と、(b) 前記補助磁極層上であって、記録媒体との対向面よりも奥側に接続層を形成し、次に前記対向面と接続層間に、前記補助磁極層上に絶縁下地層を介してコイル層を形成した後、前記コイル層上を絶縁層で埋める工程と、

(c) 前記絶縁層の表面を削り、前記絶縁層上面と前記接続層上面を同一面とする工程と、(d) 前記絶縁層上及び接続層上にレジスト層を形成し、次に、少なくとも前記対向面でのトラック幅方向の内幅寸法が、前記補助磁極層から離れるにしたがって広がる抜きパターンを前記レジスト層に形成する工程と、(e) 前記抜きパターン内に主磁極層をメッキ形成した後、前記レジスト層を除去する工程と、(f) 前記主磁極層よりも厚い膜厚のレジスト層を前記主磁極層上から前記絶縁層上にかけて形成し、前記レジスト層に前端面が、前記対向面よりも奥側に位置するヨーク層の抜きパターンを前記主磁極層上に形成し、あるいは前記絶縁層上であって前記主磁極層の後端面からハイト方向に向けて形成し、前記抜きパターン内にヨーク層をメッキ形成した後、前記レジスト層を除去する工程。

【0033】上記の製造方法により、図 1 あるいは図 2 に示す垂直磁気記録ヘッドを製造することができる。

【0034】または本発明では、前記 (f) 工程に代えて以下の工程を有するものであってもよい。

(g) 前記主磁極層の周囲に第 2 の絶縁層を形成し、前記第 2 の絶縁層の上面と前記主磁極層の上面とを同一面上に形成する工程と、(h) 前記主磁極層よりも厚い膜厚のレジスト層を前記主磁極層上から前記第 2 の絶縁層上にかけて形成し、前記レジスト層に前端面が、前記対向面よりも奥側に位置するヨーク層の抜きパターンを前記主磁極層および第 2 の絶縁層上に形成し、前記抜きパターン内にヨーク層をメッキ形成した後、前記レジスト層を除去する工程。

【0035】この製造方法により図 11 および図 12 に示す垂直磁気記録ヘッドを製造することができる。

【0036】または本発明では、前記 (f) 工程に代えて以下の工程を有するものであってもよい。

(i) 前記主磁極層上から前記絶縁層上にかけて第 3 の絶縁層を形成する工程と、(j) 少なくとも前記主磁極層の基端部上に形成された前記第 3 の絶縁層に穴部を形成する工程と、(k) 前記第 3 の絶縁層上に前記主磁極層よりも厚い膜厚のレジスト層を形成した後、前端面が、前記対向面よりも奥側に位置するヨーク層の抜きパターンを形成し、前記抜きパターン内にヨーク層をメッキ形成した後、前記レジスト層を除去する工程。

【0037】この製造方法により図 5 に示す垂直磁気記録ヘッドを製造することができる。また本発明では、前

記 (d) 工程ないし (f) 工程に代えて、以下の工程を有するものであってもよい。

(l) 前記絶縁層上にレジスト層を形成し、前端面が、前記対向面よりも奥側に位置するヨーク層の抜きパターンを形成し、前記抜きパターン内にヨーク層をメッキ形成した後、前記レジスト層を除去する工程と、(m) 前記ヨーク層上および前記絶縁層上に、新たに第 4 の絶縁層を形成し、前記第 4 の絶縁層を削って、前記第 4 の絶縁層の上面と前記ヨーク層の上面を同一面とする工程と、(n) 前記ヨーク層上、および第 4 の絶縁層上に、前記ヨーク層よりも薄い膜厚のレジスト層を形成し、前記ヨーク層の前端面よりも対向面側に位置する前記第 4 の絶縁層上のレジスト層から前記ヨーク層上のレジスト層にかけて主磁極層の抜きパターンを形成する工程と、(o) 前記抜きパターン内に主磁極層をメッキ形成した後、前記レジスト層を除去する工程。

【0038】この製造方法により図 3 または図 4 に示す垂直磁気記録ヘッドを製造することができる。

【0039】あるいは本発明では、前記 (d) 工程ないし (f) 工程に代えて以下の工程を有するものであってもよい。

(p) 前記絶縁層上及び接続層上にレジスト層を形成し、次に、少なくとも前記対向面でのトラック幅方向の内幅寸法が、前記補助磁極層から離れるにしたがって広がる抜きパターンを前記レジスト層に形成し、さらに前記抜きパターンの基端部を前記接続層上にまで形成する工程と、(q) 前記抜きパターン内に磁性材料層をメッキ形成した後、前記レジスト層を除去する工程と、

(r) 前記磁性材料層上にレジスト層を形成し、露光現象により前記磁性材料層上の対向面側からハイト方向に所定距離だけ抜きパターンを形成し、前記抜きパターン内から露出した前記磁性材料層の一部を除去して膜厚を薄くし、この部分を主磁極層とし、前記レジスト層下に形成された磁性材料層をヨーク層とする工程。

【0040】この製造方法により図 6 に示す垂直磁気記録ヘッドを製造することができる。

【0041】

【発明の実施の形態】図 1 は本発明の第 1 実施形態の垂直磁気記録ヘッドの構造を示す縦断面図である。

【0042】図 1 に示す垂直磁気記録ヘッド H は記録媒体 M に垂直磁界を与え、記録媒体 M のハード面 M a を垂直方向に磁化させるものである。

【0043】前記記録媒体 M はディスク状であり、その表面に残留磁化の高いハード面 M a が、内方に磁気透過率の高いソフト面 M b を有しており、ディスクの中心が回転軸中心となって回転させられる。

【0044】前記垂直磁気記録ヘッド H のスライダ 11 は $Al_2O_3 \cdot TiC$ などのセラミック材料で形成されており、スライダ 11 の対向面 11 a が前記記録媒体 M に対向し、記録媒体 M が回転すると、表面の空気流により

スライダ 11 が記録媒体 M の表面から浮上し、またはスライダ 11 が記録媒体 M に摺動する。図 1 においてスライダ 11 に対する記録媒体 M の移動方向は図示 Z 方向である。垂直磁気記録ヘッド H はスライダ 11 のトレーリング側端面に設けられている。

【0045】前記スライダ 11 の側端面 11 b には、 Al_2O_3 または SiO_2 などの無機材料による非磁性絶縁層 54 が形成されて、この非磁性絶縁層 54 の上に読取り部 H_R が形成されている。

【0046】前記読取り部 H_R は、下から下部シールド層 52、ギャップ層 55、磁気抵抗効果素子 53、および上部シールド層 51 から成る。前記磁気抵抗効果素子 53 は、異方性磁気抵抗効果 (AMR) 素子、巨大磁気抵抗効果 (GMR) 素子、トンネル型磁気抵抗効果 (TMR) 素子などである。

【0047】前記上部シールド層 51 の上には、 Al_2O_3 または SiO_2 などの無機材料による非磁性絶縁層 12 が形成されて、前記非磁性絶縁層 12 の上に本発明の記録用の垂直磁気記録ヘッド H が設けられている。そして垂直磁気記録ヘッド H は無機非磁性絶縁材料などで形成された保護層 13 により被覆されている。そして前記垂直磁気記録ヘッド H の記録媒体との対向面 $H1a$ は、前記スライダ 11 の対向面 11 a とほぼ同一面である。

【0048】前記垂直磁気記録ヘッド H では、パーマロイ (Ni-Fe) などの強磁性材料がメッキされて補助磁極層 21 が形成されている前記非磁性絶縁層 12 は、前記補助磁極層 21 の下 (補助磁極層 21 とスライダ 11 の側端面 11 b との間) および前記補助磁極層 21 の周囲に形成されている。そして図 1 に示すように、補助磁極層 21 の表面 (上面) 21 a と前記非磁性絶縁層 12 の表面 (上面) 12 a とは同一の平面上に位置している。

【0049】図 1 に示すように、前記対向面 $H1a$ よりも奥側 (ハイト方向、図示 Y 方向) では、前記補助磁極層 21 の表面 21 a 上に Ni-Fe などの接続層 25 が形成されている。

【0050】前記接続層 25 の周囲において、前記補助磁極層 21 の表面 21 a および前記非磁性絶縁層 12 の表面 12 a 上に、 Al_2O_3 などの非磁性絶縁層 26 が形成されて、この非磁性絶縁層 26 の上に Cu などの導電性材料によりコイル層 27 が形成されている。このコイル層 27 はフレームメッキ法などで形成されたものであり、前記接続層 25 の周囲に所定の巻き数となるように螺旋状にパターン形成されている。コイル層 27 の巻き中心側の接続端 27 a 上には同じく Cu などの導電性材料で形成された底上げ層 31 が形成されている。

【0051】前記コイル層 27 および底上げ層 31 は、レジスト材料などの有機材料の絶縁層 32 で被覆されており、さらに絶縁層 33 で覆われている。

【0052】前記絶縁層 33 は無機絶縁材料で形成され

ることが好ましく、前記無機絶縁材料としては、 Al_2O_3 、 SiO_2 、 Ta_2O_5 、 TiO_2 、 AlN 、 $AlSiN$ 、 TiN 、 SiN 、 Si_3N_4 、 NiO 、 WO_3 、 BN 、 CrN 、 $SiON$ のうち少なくとも1種以上を選択できる。

【0053】そして前記接続層25の表面(上面)25a、底上げ層31の表面(上面)31a、および絶縁層33の表面(上面)33aは、同一面となるように加工されている。このような平坦化加工は後述の製造方法で説明するように、CMP(ケミカル・メカニカル・ポリッシング)技術などを用いて行なわれる。

【0054】この第1実施形態では、前記絶縁層33の上に、主磁極層24が形成されており、前記主磁極層24の前端面24aは、前記対向面H1aと同一面とされている。また前記主磁極層24の基端部24bは前記接続層25の上面25a上に形成されて磁氣的に接続された状態になっている。

【0055】図1に示すように、前記主磁極層24の上には、NiFe合金などのヨーク層35が重ねられて形成されている。また前記ヨーク層35の前端面35aは、前記対向面H1aよりもハイト方向奥側に位置して前記保護層13内に埋没しており、対向面H1aには現れていない。

【0056】なお本発明では前記ヨーク層35の膜厚H2は、主磁極層24の膜厚H1よりも厚く形成される。

【0057】また前記ヨーク層35の前端面35aは、下面から上面に向けてハイト方向(図示Y方向)に傾く傾斜面あるいは湾曲面で形成されている。前記ヨーク層35の上に形成される主磁極層24の下面と前記ヨーク層35の前端面35a間の外角 θ は 90° 以上であることが好ましい。これによって前記主磁極層24から前記ヨーク層35に向けて漏れる磁界を少なくでき前記主磁極層24により磁界を集中させることができるからである。

【0058】また図1に示すように、前記底上げ層31の表面31aにはリード層36が形成され、リード層36から前記底上げ層31およびコイル層27に記録電流の供給が可能となっている。なお、前記リード層36は、前記主磁極層24およびヨーク層35と同じ材料で形成でき、および主磁極層24およびヨーク層35とリード層36を、同時にメッキで形成することが可能である。そして、前記ヨーク層35および前記リード層36が前記保護層13に覆われている。

【0059】図1に示す垂直磁気記録ヘッドを真上から見た(矢印方向)平面図は、例えば図10のように示される。図10の平面図に示すように、前記主磁極層24は、前端面24aの上面(主磁極層24のトレーリング側の面)が微小なトラック幅Twで形成され、この幅寸法を保ってあるいは若干幅寸法が広がる幅細の前方領域24cが形成されている。またこの前方領域24cの基

端からは後方領域24dが形成されており、前記後端領域24dではトラック幅方向の寸法が漸次的に広がって形成されている。

【0060】図10に示すように前記ヨーク層35は、前記主磁極層24の後端領域24d上に重ねられて形成されている。前記ヨーク層35は、ハイト方向後方に向けてトラック幅方向への幅寸法が漸次的に広がる形状で形成されている。

【0061】なお本発明では、前記対向面H1aに露出する前記主磁極層24の前端面24aが、前記補助磁極層21の前端面21bの面積よりも大きいことが必要で、例えば図10に示すように、補助磁極層21のトラック幅方向の幅寸法Wrは、前記トラック幅Twよりも十分に大きい幅寸法で形成されることが好ましい。

【0062】なお図10に示す形状は一例に過ぎず、本発明はこの形状に限定されるものではない。すなわち本発明では、前記ヨーク層35を前記対向面H1aと平行な方向から切断したときのある断面の面積が、前記主磁極層24の前端面24aの面積よりも大きくなればよい。

【0063】ただし図10に示す構造では、前記ヨーク層35のトラック幅方向(図示X方向)への幅寸法を、前記主磁極層24の後端領域24dでのトラック幅方向の寸法と同程度かあるいはそれよりも小さい幅寸法で形成することが好ましい。前記主磁極層24と絶縁層33間の段差により、前記ヨーク層35が主磁極層24よりもトラック幅方向へはみ出して形成される部分ではパターン精度が低下し、前記ヨーク層35を所定形状で適切に形成できない場合があるからである。

【0064】ただし例えば図11(正面図)に示すように前記主磁極層24のトラック幅方向(図示X方向)の両側に新たに第2の絶縁層56、56を形成し、CMP技術などを用いて前記主磁極層24の上面24eと前記第2の絶縁層56の上面56aとを同一平面上に加工し、その上に前記ヨーク層35を形成する場合、図12(平面図)に示すように、前記ヨーク層35を、主磁極層24のトラック幅方向の幅寸法よりもはみ出して形成することが可能になる。かかる場合、前記主磁極層24の上面24eと第2の絶縁層56の上面56aとが適切に平坦化されていることで、その上に形成されるヨーク層35をパターン精度良く形成することができる。

【0065】なお前記第2の絶縁層56は無機絶縁材料で形成されることが好ましく、前記無機絶縁材料としては、 Al_2O_3 、 SiO_2 、 Ta_2O_5 、 TiO_2 、 AlN 、 $AlSiN$ 、 TiN 、 SiN 、 Si_3N_4 、 NiO 、 WO_3 、 BN 、 CrN 、 $SiON$ のうち少なくとも1種以上を選択できる。

【0066】また図1に示す実施形態では、前記主磁極層24が前記対向面H1aから前記接続層25上にまで延ばされて形成されているが、例えば前記主磁極層24

が短く形成され、前記接続層 25 よりも前記対向面 H1 a 側に基端部が位置するように形成してもよい。

【0067】かかる場合、前記主磁極層 24 の周囲に図 11 に示す第 2 の絶縁層 56 を形成し、この上にヨーク層 35 を形成する。また前記第 2 の絶縁層 56 には、前記接続層 25 上に穴部を形成し、この穴部内にも前記ヨーク層 35 をメッキ形成して、前記ヨーク層 35 と接続層 25 とを磁氣的に接続させる。

【0068】図 2 は、本発明における第 2 実施形態の垂直磁気記録ヘッドの構造を示す縦断面図である。

【0069】図 1 との相違点は、主磁極層 24 およびヨーク層 35 の構造にある。前記ヨーク層 35 の膜厚 H4 が前記主磁極層 24 の膜厚 H3 より厚く形成されている点は同じであるが、前記主磁極層 24 は、対向面 H1 a からハイト方向（図示 Y 方向）に短く形成され、前記主磁極層 24 の後端面 24 f から前記ヨーク層 35 の前端面 35 a が磁氣的に接続し、前記ヨーク層 35 がハイト方向後方に向けて前記絶縁層 33 上に形成されている。そして前記ヨーク層 35 の基端部 35 b が前記接続層 25 の上面 25 a に形成され磁氣的に接続された状態にな

っている。

【0070】図 13 は図 2 の垂直磁気記録ヘッドの平面図である。前記主磁極層 24 は、前端面 24 a の上面（主磁極層 24 のトレーリング側の面）のトラック幅方向（図示 X 方向）への幅寸法が微小なトラック幅 Tw で形成され、この幅寸法にて、あるいはこの幅寸法からハイト方向（図示 Y 方向）後方にかけて若干幅寸法が広がる幅細形状で形成されている。なお図 13 に示すように、前記主磁極層 24 にはハイト方向後方に向けてトラック幅方向への幅寸法が漸次的に広がる後端領域 24 d が形成されていてもよい。

【0071】前記主磁極層 24 の後端面 24 f からは前記ヨーク層 35 が形成されており、前記ヨーク層 35 はハイト方向後方に向けてトラック幅方向への幅寸法が漸次的に広がって形成されている。

【0072】なお図 13 に示す形状は一例に過ぎず、本発明はこの形状に限定されるものではない。すなわち本発明では、前記ヨーク層 35 を前記対向面 H1 a と平行な方向から切断したときのある断面の面積が、前記主磁極層の前端面 24 a の面積よりも大きくなればよい。

【0073】図 3 は本発明における第 3 実施形態の垂直磁気記録ヘッドの構造を示す縦断面図である。

【0074】図 1 との相違点は、主磁極層 24 およびヨーク層 35 の構造にある。この実施形態でもヨーク層 35 の膜厚 H6 は前記主磁極層 24 の膜厚 H5 に比べて大きくなっているが、前記ヨーク層 35 は前記絶縁層 33 の上に形成され、前記ヨーク層 35 の基端部 35 b は前記接続層 25 の上面 25 a に磁氣的に接続されている。

【0075】また前記ヨーク層 35 の前端面 35 a は、下面から上面に向けて前記対向面 H1 a に近づく傾斜面

あるいは湾曲面で形成されている。前記ヨーク層 35 の上に形成される主磁極層 24 の下面と前記ヨーク層 35 の前端面 35 a 間の外角 θ は 90° 以上であることが好ましい。これによって前記主磁極層 24 から前記ヨーク層 35 に向けて漏れる磁界を少なくでき前記主磁極層 24 により磁界を集中させることができるからである。

【0076】図 3 に示すように、前記ヨーク層 35 の周囲は、新たな第 4 の絶縁層 57 によって埋められている。なお図 3 に示すようにヨーク層 35 の前端面 35 a より対向面 H1 a 側は前記第 4 の絶縁層 57 によって埋められ、前記第 4 の絶縁層 57 が前記対向面 H1 a から現れる。本発明では、前記第 4 の絶縁層 57 の上面と前記ヨーク層 35 の上面は CMP 技術などを用いて平坦化加工が成されている。

【0077】前記第 4 の絶縁層 57 は無機絶縁材料で形成されることが好ましく、前記無機絶縁材料としては、 AlO 、 Al_2O_3 、 SiO_2 、 Ta_2O_5 、 TiO 、 AlN 、 $AlSiN$ 、 TiN 、 SiN 、 Si_3N_4 、 NiO 、 WO 、 WO_3 、 BN 、 CrN 、 $SiON$ のうち少なくとも 1 種以上を選択できる。

【0078】そして本発明では前記平坦化された前記第 4 の絶縁層 57 上からヨーク層 35 上にかけて主磁極層 24 が形成されている。

【0079】図 14 は図 3 に示す垂直磁気記録ヘッドの平面図である。図 14 に示すように、前記ヨーク層 35 は、トラック幅方向への幅寸法が細くされた幅細の前方領域 35 c とこの基端からハイト方向後方に向けて前記幅寸法が漸次的に広がる後端領域 35 d とで平面形成されている。

【0080】なお前記前方領域 35 c のトラック幅方向への幅寸法は、トラック幅 Tw よりも大きく形成されている。

【0081】図 14 に示すように、前記第 4 の絶縁層 57 上から前記ヨーク層 35 上にかけて形成された主磁極層 24 は、前端面 24 a が前記対向面 H1 a に現れ、前記前端面 24 a の上面はトラック幅 Tw で形成されている。前記主磁極層 24 は、前記前端面 24 a からハイト方向後方へトラック幅寸法で、あるいはそれよりもやや幅広で形成された前方領域 24 c と、前記前方領域 24 c からハイト方向後方へ向けてトラック幅の寸法が漸次的に広がる後方領域 24 d とで平面形成されている。

【0082】なお図 14 に示す形状は一例に過ぎず、本発明はこの形状に限定されるものではない。すなわち本発明では、前記ヨーク層 35 を前記対向面 H1 a と平行な方向から切断したときのある断面の面積が、前記主磁極層の前端面 24 a の面積よりも大きくなればよい。

【0083】例えば前記ヨーク 35 に幅細の前方領域 35 c は形成されず、後方領域 35 d のみで形成されていてもよいし、また主磁極層 24 には、漸次的に幅寸法が広がる後方領域 24 d が形成されず、一点鎖線で示され

10

20

30

40

50

るように幅細の領域が後方にまで延ばされて形成されていてもよい。

【0084】図4は本発明における第4実施形態の垂直磁気記録ヘッドの構造を示す縦断面図である。

【0085】図3との違いは主磁極層24が前記対向面H1aからハイト方向後方に短い長さで形成されている点だけである。

【0086】図15は図4に示す垂直磁気記録ヘッドの平面図である。図15に示すように、前記主磁極層24は、前記ヨーク層35の上面と同一平坦面にされた第4の絶縁層57上から前記ヨーク層35上にかけて短い長さで形成されている。前記主磁極層24は、その前端面24aの上面のトラック幅方向の長さが微小なトラック幅Twで形成され、この幅寸法を保ってあるいはこの幅寸法よりもやや幅広になってハイト方向後方に向けて形成されている。図15に示すヨーク層35には図14に示すような幅細の前方領域35cが形成されていないが、形成されていてもかまわない。図15では前記ヨーク層35はトラック幅方向の幅寸法が漸次的に広がる形状で形成されている。

【0087】図16は図4に示す垂直磁気記録ヘッドの別の平面図であり、図15との違いは前記主磁極層24は、幅細の前方領域24cとその基端からトラック幅方向への幅寸法が漸次的に広がる後方領域24dとで構成されている点である。これにより前記ヨーク層35から主磁極層24への磁束の導入を良好にすることができ、効果的に高記録密度化を図ることが可能な垂直記録磁気ヘッドを製造することが可能である。

【0088】なお図15および図16に示す形状は一例に過ぎず、本発明はこの形状に限定されるものではない。すなわち本発明では、前記ヨーク層35を前記対向面H1aと平行な方向から切断したときのある断面の面積が、前記主磁極層の前端面24aの面積よりも大きくなればよい。

【0089】図5は本発明における第5実施形態の垂直磁気記録ヘッドの構造を示す縦断面図である。

【0090】図5に示す垂直磁気記録ヘッドと図1とでは、主磁極層24およびヨーク層35の構造が異なる。

【0091】図5に示す構造でも、ヨーク層35の膜厚H8は主磁極層24の膜厚H7よりも大きく形成されているが、前記主磁極層24は前記絶縁層33の上面33aであって、前記対向面H1aからハイト方向（図示Y方向）後方に短い長さで形成されている。さらに前記主磁極層24の後端面からハイト方向に少し距離をおいて、新たな第3の絶縁層58が前記絶縁層33上に重ねて形成されているが、前記第3の絶縁層58は前記接続層25上、および底上げ層31上には形成されていない。

【0092】前記58は無機絶縁材料で形成されることが好ましく、前記無機絶縁材料としては、AlO、Al

zO_3 、 SiO_2 、 Ta_2O_5 、 TiO 、 AlN 、 AlSiN 、 TiN 、 SiN 、 Si_3N_4 、 NiO 、 WO 、 W
 O_3 、 BN 、 CrN 、 SiON のうち少なくとも1種以上を選択できる。

【0093】また前記第3の絶縁層58の一部は、前記主磁極層24の上にも形成されているが、前記主磁極層24の基端部24b上には形成されていない。前記主磁極層24上に形成された前記第3の絶縁層58は後述の製造方法で説明するように、ヨーク層33の周囲に形成されたメッキ下地層を除去する際のエッチングから前記主磁極層24を保護する役割を有する。

【0094】前記主磁極層24よりもハイト方向後方に形成された第3の絶縁層58上にはヨーク層35が形成されている。前記ヨーク層35の前方は前記第3の絶縁層58に形成された穴部58aから露出する前記主磁極層24の基端部24b上に形成されて前記主磁極層24に磁氣的に接続された状態になっている。

【0095】前記ヨーク層35の前端面35aは、対向面H1aよりも奥側に形成され、前記前端面35aよりも対向面H1a側は、保護層13によって埋められた状態になっている。また前記前端面35aは図5に示すように、下面から上面にかけてハイト方向に向けて深くなる傾斜面あるいは湾曲面で形成されていることが、前記主磁極層24から前記ヨーク層35に磁界が漏れることを抑制できて好ましい。

【0096】前記前端面35aと下面間の外角 θ は、 90° 以上であることが好ましい。また前記ヨーク層35の基端部35bは前記接続層25上に形成されて磁氣的に接続された状態になっている。

【0097】また前記ヨーク層35と同一工程で形成されたリード層36は、前記底上げ層31上に形成されている。

【0098】図17は図5に示す垂直磁気記録ヘッドの平面図である。図17に示すように、前記主磁極層24は、前端面24aの上面のトラック幅方向の幅寸法がトラック幅Twの微小な寸法で形成され、この幅寸法を保って、あるいはハイト方向に向けてやや幅広となる前方領域24cと、この基端からトラック幅方向への幅寸法が漸次的に広がる後方領域24dとで構成されている。あるいは一点鎖線に示すように、前記主磁極層24はトラック幅Twを保って、あるいはハイト方向に向けてやや幅広となる前方領域のみで構成されていてもよい。

【0099】図17に示すように、前記主磁極層24の基端部24b上に磁氣的に接続したヨーク層35は、ハイト方向後方に向けて漸次的にトラック幅方向の寸法が広がる形状で形成されている。なお前記ヨーク層35の前記対向面H1a側には、図14などで示した幅細の前方領域35cが形成されていてもかまわない。

【0100】なお図17に示す形状は一例に過ぎず、本発明はこの形状に限定されるものではない。すなわち本

発明では、前記ヨーク層 35 を前記対向面 H 1 a と平行な方向から切断したときのある断面の面積が、前記主磁極層の前端面 24 a の面積よりも大きくなればよい。

【0101】図 6 は本発明における第 6 実施形態の垂直磁気記録ヘッドの構造を示す縦断面図である。

【0102】図 1 との違いは、主磁極層 24 とヨーク層 35 の構造にある。図 6 では、前記主磁極層 24 の部分と前記ヨーク層 35 の部分とが一体化した磁性材料層 69 が前記絶縁層 33 上に形成されている。図 6 に示すように前記磁性材料層 69 は、前記対向面 H 1 a からハイト方向後方に所定の長さまで前方領域の主磁極層 24 と前記前方領域の基端からハイト方向に向けて形成される後方領域のヨーク層 35 とで構成される。前記ヨーク層 35 となる後方領域の基端部 35 b は前記接続層 25 の上面 25 a に形成され磁気的に接続された状態になっている。

【0103】この実施形態では図 6 に示すように前記ヨーク層 35 の膜厚 H 10 は前記主磁極層 24 の膜厚 H 9 よりも厚く形成されている。

【0104】図 18 は図 6 に示す垂直磁気記録ヘッドの平面図である。図 18 に示すように、主磁極層 24 の前端面 24 a の上面はトラック幅方向の幅寸法が微小なトラック幅 T w で形成されている。この幅寸法を保っているいはハイト方向に向けてやや幅広となる前方領域 24 c が形成され前記前方領域 24 c が主磁極層 24 となっている。そして前記前方領域 24 c の基端からハイト方向にかけてトラック幅方向の幅寸法が漸次的に広がるヨーク層 35 となる後端領域が一体化して形成されている。

【0105】以上、図 1 ないし図 6 に示す本発明の実施形態の構造を説明したが、本発明における特徴点をまとめると次の通りである。

【0106】(1) 上記いずれの実施形態においても前記主磁極層 24 は平坦化された面上に形成されている。図 1、図 2、図 5 および図 6 は、絶縁層 33 上に形成され、前記絶縁層 33 の上面 33 a は CMP 技術などによる研磨加工によって平坦化されている。また図 3 および図 4 では、第 4 の絶縁層 57 およびヨーク層 35 上に形成され、前記第 4 の絶縁層 57 およびヨーク層 35 の上面は CMP 技術などの研磨加工によって平坦化されている。

【0107】このように本発明ではいずれの実施形態でも前記主磁極層 24 は平坦化面上に形成されているため、前記主磁極層 24 を形成する際のパターン精度を向上させることができ、前記主磁極層 24 の特に前端面 24 a の上面を微小なトラック幅 T w で正確にしかも容易に形成することができる。したがって本発明では狭トラック化に適切に対応することができ、今後の高記録密度化に対応可能な垂直磁気記録ヘッドを製造することが可能である。なお本発明では前記トラック幅 T w は 0. 7

μm 以下であることが好ましく、より好ましくは 0. 5 μm 以下である。

【0108】(2) 本発明ではいずれの実施形態でもヨーク層 35 の膜厚を主磁極層 24 の膜厚よりも厚く形成することができる。図 1 ないし図 5 に示す実施形態では、いずれも主磁極層 24 とヨーク層 35 とが別々に形成されている。このように主磁極層 24 とヨーク層 35 との製造工程を別工程とすることにより、容易に膜厚の薄い主磁極層 24 と膜厚の厚いヨーク層 35 を形成することができ、よって前記主磁極層 24 の前端面 24 a よりも十分に大きい断面積を有する前記ヨーク層 35 を形成できる。従って前記ヨーク層 35 から前記主磁極層 24 に適切に記録磁界を導くことができ、磁束の通過効率が良くなって、オーバーライト特性を向上できる。

【0109】また図 6 に示す実施形態では、主磁極層 24 とヨーク層 35 とが一体に形成されているが、この実施形態においても、前記ヨーク層 35 と主磁極層 24 間に段差を設けることで、前記ヨーク層 35 の膜厚を前記主磁極層 24 の膜厚よりも厚く形成することが可能である。なお製造方法については後述する。

【0110】(3) 図 1 ないし図 5 に示す実施形態では、いずれも主磁極層 24 およびヨーク層 35 が別々に形成されているため、主磁極層 24 のトラック幅寸法を、前記ヨーク層 35 の幅寸法と別のものとして設定できる。

【0111】すなわち従来のように主磁極層 24 とヨーク層 35 とが一体化された形状であると、トラック幅 T w で形成された主磁極層 24 のハイト方向への長さ寸法をできる限り短くし、前記対向面 H 1 a からハイト方向へそれほど距離が離れていない位置に幅広のヨーク層 35 を形成する方が、前記主磁極層 24 の磁気飽和を防いで、前記主磁極層 24 に磁束を集約させることができ高記録密度を得ることが可能になる。

【0112】しかし前記主磁極層 24 のハイト方向への長さ寸法を短くしすぎると、パターン精度の問題から、前記主磁極層 24 の前端面 24 a の幅寸法を所定のトラック幅 T w で規定しづらく、トラック幅 T w や主磁極層 24 の形状のばらつきが発生しやすくなる。

【0113】これに対し本発明のように主磁極層 24 とヨーク層 35 とを別々に形成する場合、例えば図 12 や図 17 に示すように、前記主磁極層 24 のトラック幅 T w で形成された幅細の前方領域 24 c を長く形成しても、前記ヨーク層 35 を前記主磁極層 24 の前方領域 24 c 上や下に重ねあわせ、前記ヨーク層 35 を前記対向面 H 1 a 側に近づけて形成することが可能になるので、磁束の集約を図ることができると共に、前記主磁極層 24 をパターン精度良く、所定のトラック幅 T w で形成することが可能になる。また主磁極層 24 およびヨーク層 35 の設計の自由度が増す。

【0114】よって上記の観点からすれば図 1 の場合、

図 10 に示すように、主磁極層 24 に形成された幅広の後方領域 24 d 上にヨーク層 35 を形成するときは、前記主磁極層 24 の前方領域 24 c を L1 に短くしなければならず、トラック幅 Tw や形状にばらつきが発生しやすくなる。このため図 11 および図 12 に示すように、前記主磁極層 24 の周囲を第 2 の絶縁層 56 で埋めてしまい、CMP 技術によって前記主磁極層 24 および第 2 の絶縁層 56 を平坦化すれば、ヨーク層 35 を平坦化された第 2 の絶縁層 56 上に形成することが可能になるので、図 12 に示すように、主磁極層 24 の前方領域 24 c 上にヨーク層 35 を重ねあわせることができ、よって前記主磁極層 24 の前方領域 24 c を L2 に長く延ばしてパターン精度を向上させ、所定のトラック幅 Tw で形成することが可能になる。

【0115】(4) 本発明のいずれの実施形態でも、図 7 および図 8 (いずれも正面図) に示すように、主磁極層 24 の前端面 24 a の側辺 24 g、24 g が下面から上面に向けてトラック幅方向 (図示 X 方向) への幅寸法が広がる傾斜面あるいは湾曲面となっている。そして前記主磁極層 24 の前端面 24 a の上面 (主磁極層 24 の

トレーリング側の端面) がトラック幅 Tw として規制される。

【0116】このように前記主磁極層 24 の前端面 24 a の側辺 24 g、24 g が傾斜面あるいは湾曲面とされ、前記前端面 24 a の形状が略逆台形状であると、前記記録媒体が図示 Z 方向に走行し記録を行った時、図 9 の破線で示すようにスキュー角を生じたとしても、(i i i) で示す前記側辺 24 g が記録トラック幅 Tw1 から側方へ斜めに大きくはみ出すことがない。よって前記側辺 24 g によるフリンジングを防止できるようになり、オフトラック性能の向上を図ることができる。

【0117】また図 7 および図 8 の点線に示すように、前記主磁極層 24 の下面両側に形成されている絶縁層 33、57 の上面 33 a、57 b は、主磁極層 24 から離れるにしたがって下面方向へ傾斜、あるいは湾曲しているが、これは、前記主磁極層 24 下以外の前記絶縁層 33、57 上に形成された余分なメッキ下地層 71 を除去する際のエッチングの影響によるものである。

【0118】(5) 図 1 ないし図 5 に示す実施形態のように主磁極層 24 とヨーク層 35 とを別々に形成する場合、主磁極層 24 を前記ヨーク層 35 よりも高い飽和磁束密度を有する磁性材料で形成することが可能である。

【0119】これにより前記ヨーク層 35 よりもトラック幅方向の断面積が小さい前記主磁極層 24 の前端面 24 a から記録媒体 M のハード面 Ma に対し密度の高い磁束 Φ を垂直方向に与えることが可能にあり、オーバーライト特性を向上させることができる。

【0120】この垂直磁気記録ヘッド H では、リード層 36 を介してコイル層 27 に記録電流が与えられると、コイル層 27 を流れる電流の電流磁界によって補助磁極

層 21 とヨーク層 35 に記録磁界が誘導される。各実施形態に示すように、対向面 H1 a では、前記主磁極層 24 の前端面 24 a と補助磁極層 21 の前端面 21 b からの漏れ記録磁界が、記録媒体 M のハード面 Ma を貫通しソフト面 Mb を通過する。前記主磁極層 24 の前端面 24 a の面積が補助磁極層 21 の前端面 21 b の面積よりも十分に小さいために、前記主磁極層 24 の前端面 24 a に洩れ記録磁界の磁束 Φ が集中し、この集中している磁束 Φ により前記ハード面 Ma が垂直方向へ磁化されて、磁気データが記録される。

【0121】次に各実施形態の垂直磁気記録ヘッドの製造方法について以下に説明する。図 19 ないし図 21 は各実施形態の共通の製造工程である。なお図 19 から図 32 に示す一工程図は垂直磁気記録ヘッドの縦断面図を示している。

【0122】図 19 に示す工程では、非磁性絶縁層 12 上に磁性材料製の補助磁極層 21 を形成した後、前記補助磁極層 21 のハイト方向後方も前記非磁性絶縁層 12 で埋め、さらに前記補助磁極層 21 および非磁性絶縁層 12 の上面を CMP 技術などを用いて平坦化加工する。

【0123】次に前記補助磁極層 21 のハイト方向後方に、磁性材料製の接続層 25 をメッキ形成し、さらに前記補助磁極層 21 上面から接続層 25 の上面にかけて無機絶縁材料をスパッタして非磁性絶縁層 26 を形成する。

【0124】次に図 20 に示すように前記非磁性絶縁層 26 の上にフレームメッキ法によりコイル層 27 を形成し、さらに底上げ層 31 を同じくメッキにより形成する。このときコイル層 27 は、前記接続層 25 の高さよりも十分に低い位置に形成する。そして前記コイル層 27 と底上げ層 31 を有機材料の絶縁層 32 で覆い、さらに、無機絶縁材料をスパッタして、全ての層を覆う絶縁層 33 を形成する。

【0125】次に、図 20 の状態に成膜された各層に対して、図示上方から CMP 技術などを用いて研磨加工を行なう。この研磨加工は、前記絶縁層 33、接続層 25 および底上げ層 31 の全てを横断する水平面 (L-L 面) の位置まで行なう。

【0126】前記研磨加工の結果、図 21 に示すように、接続層 25 の表面 25 a、絶縁層 33 の表面 33 a および底上げ層 31 の表面 31 a が全て同一面となるように加工される。

【0127】ここまでの各実施形態において共通する製造工程である。次に図 1 に示す構造の垂直磁気記録ヘッドの製造方法について説明する。

【0128】図 22 に示す工程では、まず前記絶縁層 33 の上面 33 a、接続層 25 の上面 25 a、および底上げ層 31 の上面 31 a の全体にレジスト層 60 を形成し、露光現像により、主磁極層 24 の抜きパターン 60 a を形成する。前記抜きパターン 60 a を、記録媒体と

の対向面 H1 a から、前記接続層 25 の上面 25 a にまで形成する。また前記底上げ層 31 の上面 31 a からハイト方向（図示 Y 方向）後方にかけても抜きパターンを形成する。そして前記抜きパターン 60 a 内に、主磁極層 24 をメッキ形成し、その後前記レジスト層 60 を除去する。これにより前記対向面 H1 a から接続層 25 まで延びる主磁極層 24 が形成される。なお前記主磁極層 24 形成時のメッキ下地層（図示しない）が絶縁層 33 の全面に敷かれているので、前記主磁極層 24 の下に形成された前記メッキ下地層を残して他のメッキ下地層をエッチングで除去する。このとき、前記主磁極層 24 も一部削られるが、これにより前記主磁極層 24 の上面（トレーリング側の端面）のトラック幅 Tw は狭くなり、狭トラック化に対応可能な垂直磁気記録ヘッドを製造することが可能になる。

【0129】次に、図 23 に示す工程では、前記主磁極層 24 上及び絶縁層 33 上の全面にレジスト層 61 を形成する。前記レジスト層 61 は前記主磁極層 24 よりも厚い膜厚とする。その後、露光現像により、ヨーク層 35 の抜きパターン 61 a を形成する。このとき、前記抜きパターン 61 a の前端面 61 b は、記録媒体との対向面 H1 a よりもハイト方向後方に位置するようにする。そして前記抜きパターン 61 a 内にヨーク層 35 をメッキ形成し、その後前記レジスト層 61 を除去する。これによって前記主磁極層 24 よりも厚い膜厚のヨーク層 35 が前記主磁極層 24 の上に重ねられる。

【0130】なお図 10 のように、前記ヨーク層 35 を主磁極層 24 上にも形成する場合は、前記メッキ下地層は必要ないので、前記メッキ下地層の除去工程は必要ない。

【0131】また図 11 および図 12 の場合は、前記主磁極層 24 の周囲を無機絶縁材料の第 2 の絶縁層 56 で覆った後、CMP 技術を用いて前記主磁極層 24 の上面及び前記第 2 の絶縁層 56 の上面を同一平坦化面に加工する。その後、図 23 の工程に示すように、前記主磁極層 24 上にヨーク層 35 を重ねてメッキ形成する。このとき前記ヨーク層 35 のトラック幅方向における幅寸法が前記主磁極層 24 と重ねられた位置での前記主磁極層の幅寸法より幅広であってもよい。またかかる場合、図 22 工程時に示すように、前記主磁極層 24 を接続層 25 上にまで長く延ばして形成する必要はなく、前記主磁極層 24 を短い長さ寸法で形成できる。またこの場合、前記ヨーク層 35 の基端部 35 b を前記接続層 25 の上面 25 a に形成し、前記ヨーク層 35 の基端部 35 b と接続層 25 とを磁気的に接続させる。

【0132】なお図 23 に示すように、前記抜きパターン 61 a の前端面 61 b よりも対向面 H1 a 側に残されたレジスト層 61 は、その後端面 61 c が、下面から上面にかけてハイト方向に徐々に深くなる傾斜面、あるいは湾曲面で形成されているが、これは、レジスト層 61

の種類を変え、露光現像された部分を残し、露光現像されていない部分を除去できるレジスト層 61 を用いることによって達成できる。またこれにより前記ヨーク層 35 の前端面 35 a を下面から上面にかけてハイト方向（図示 Y 方向）に傾く傾斜面あるいは湾曲面に形成できる。

【0133】上記工程により図 1 に示す垂直磁気記録ヘッドが完成する。図 24 及び図 25 は図 2 に示す垂直磁気記録ヘッドの製造方法の一工程図である。

【0134】図 24 に示す工程では、前記絶縁層 33 の上面 33 a、接続層 25 の上面 25 a、および底上げ層 31 の上面 31 a の全体にレジスト層 62 を形成し、露光現像により、主磁極層 24 の抜きパターン 62 a を形成する。前記抜きパターン 62 a を前記対向面 H1 a からハイト方向（図示 Y 方向）後方に短い長さで形成する。そして前記抜きパターン 62 a 内に主磁極層 24 をメッキ形成した後、前記レジスト層 62 を除去する。

【0135】次に図 25 に示す工程では、前記主磁極層 24 上、および絶縁層 33 上の全面にレジスト層 63 を形成した後、前記レジスト層 63 にヨーク層 35 の抜きパターン 63 a を形成する。なお前記レジスト層 63 の膜厚を前記主磁極層 24 の膜厚よりも厚く形成する。また前記レジスト層 63 の抜きパターン 63 a の前端面 63 b が、前記主磁極層 24 の後端面 24 f に位置するようにする。さらに前記抜きパターン 63 a を接続層 25 上にまで形成する。そして前記抜きパターン 63 a 内にヨーク層 35 をメッキ形成し、その後、前記レジスト層 63 を除去する。

【0136】これにより、前記主磁極層 24 の後端面 24 f から前記主磁極層 24 よりも膜厚の大きいヨーク層 35 を形成することができる。また前記ヨーク層 35 は前記接続層 25 上に磁気的に接続されている。なおメッキ下地層（図示しない）が絶縁層 33 の全面に敷かれているので、前記主磁極層 24 の下に形成された前記メッキ下地層を残して他のメッキ下地層をエッチングで除去する。このとき、前記主磁極層 24 も一部削られるが、これにより前記主磁極層 24 のトラック幅 Tw は狭くなり、狭トラック化に対応可能な垂直磁気記録ヘッドを製造することが可能になる。

【0137】またこの製造方法では、前記メッキ下地層の除去工程は、ヨーク層 35 形成後の一回で済み、製造工程を簡略化できると共に、主磁極層 24 は 1 回のエッチング工程に曝されるだけなので、前記主磁極層 24 の高さ寸法を大きく保ちながら狭トラック化を実現することができる。

【0138】上記工程により図 2 に示す垂直磁気記録ヘッドが完成する。図 26 ないし図 28 に示す工程は図 3、4 に示す垂直磁気記録ヘッドの製造工程を示す一工程図である。

【0139】図 26 に示す工程では、前記絶縁層 33 の

上面 33a、接続層 25 の上面 25a、および底上げ層 31 の上面 31a の全体にレジスト層 64 を形成し、露光現像により、ヨーク層 35 の抜きパターン 64a を形成する。

【0140】図 26 に示すように前記抜きパターン 64a の前端面 64b を前記対向面 H1a よりもハイト方向奥側に形成する。また前記前端面 64b と前記対向面 H1a 間に残されたレジスト層 64 の後端面 64c は、下面から上面にかけて前記対向面 H1a 側に傾く傾斜面となっているが、この傾斜面は前記レジスト層 64 に熱処理を施し、だれを発生させることにより形成することが可能である。また前記抜きパターン 64a を前記接続層 25 上にまで形成する。

【0141】そして前記抜きパターン 64a 内にヨーク層 35 をメッキ形成し、その後前記レジスト層 64 を除去する。これによって前端面 35a が前記対向面 H1a よりもハイト方向奥側に位置する前記ヨーク層 35 を形成することができる。また前記前端面 35a は下面から上面にかけてハイト方向後方に傾く傾斜面あるいは湾曲面であることが好ましい。また前記傾斜面 35a と上面間の外角 θ は 90° 以上であることが好ましい。また前記ヨーク層 35 は前記接続層 25 上に磁氣的に接続された状態になっている。

【0142】なお前記レジスト層 63 を除去した後、前記ヨーク層 35 の下以外の部分に形成されたメッキ下地層（図示しない）をエッチングで除去する。

【0143】次に図 27 に示す工程では、前記ヨーク層 35 上及び絶縁層 33 上に、無機絶縁材料による第 4 の絶縁層 57 を形成する。さらに図 27 に示す M-M 線から前記第 4 の絶縁層 57 を CMP 技術により研磨加工し、これにより前記第 4 の絶縁層 57 の上面とヨーク層 35 の上面とを同一平坦化面にできる。

【0144】次に図 28 に示す工程では、前記第 4 の絶縁層 57 の上、および前記ヨーク層 35 の上にレジスト層 65 を形成し、前記レジスト層 65 に主磁極層 24 の抜きパターン 65a を形成する。

【0145】図 28 に示すように、前記レジスト層 65 の膜厚を、前記ヨーク層 35 の膜厚よりも小さくし、しかも前記レジスト層 65 の抜きパターン 65a の前端面 65b を、対向面 H1a と同一面となるように形成する。前記抜きパターン 65a の後端面 65c に関しては、図 28 のように、ヨーク層 35 の後端面と同一面上にまで形成すれば、主磁極層 24 の形状を図 3 のように形成でき、また前記抜きパターン 65 の後端面 65c を対向面 H1a 側に短く形成すれば、前記主磁極層 24 の形状を図 4 のように形成できる。

【0146】そして前記抜きパターン 26 内に主磁極層 24 をメッキ形成し、その後前記レジスト層 65 を除去する。これにより、前端面 24a が対向面 H1a に現れ、膜厚がヨーク層 35 よりも薄い主磁極層 24 を前記

ヨーク層 35 の上に重ねて形成することができる。

【0147】なお前記主磁極層 24 のメッキ下地層（図示しない）が第 4 の絶縁層 57 およびヨーク層 35 の全面に敷かれているので、前記主磁極層 24 の下に形成された前記メッキ下地層を残して他のメッキ下地層をエッチングで除去する。このとき、前記主磁極層 24 も一部削られるが、これにより前記主磁極層 24 のトラック幅 T_w は狭くなり、狭トラック化に対応可能な垂直磁気記録ヘッドを製造することが可能になる。

【0148】上記の工程により図 3 あるいは図 4 に示す垂直磁気記録ヘッドが完成する。次に図 5 に示す垂直磁気記録ヘッドの製造方法について図 29 ないし図 32 の工程図を用いて説明する。

【0149】図 29 に示す工程では、前記絶縁層 33 の上面 33a、接続層 25 の上面 25a、および底上げ層 31 の上面 31a の全体にレジスト層 66 を形成し、露光現像により、主磁極層 24 の抜きパターン 66a を形成する。前記抜きパターン 66a を前記対向面 H1a からハイト方向（図示 Y 方向）後方に短い長さで形成する。そして前記抜きパターン 66a 内に主磁極層 24 をメッキ形成した後、前記レジスト層 66 を除去する。なおメッキ下地層（図示しない）が絶縁層 33 の全面に敷かれているので、前記主磁極層 24 の下に形成された前記メッキ下地層を残して他のメッキ下地層をエッチングで除去する。このとき、前記主磁極層 24 も一部削られるが、これにより前記主磁極層 24 のトラック幅 T_w は狭くなり、狭トラック化に対応可能な垂直磁気記録ヘッドを製造することが可能になる。

【0150】次に図 30 に示す工程では、前記主磁極層 24 上、および絶縁層 33 上の全面に Al_2O_3 や SiO_2 などの無機絶縁材料による薄い膜厚の第 3 の絶縁層 58 を形成する。

【0151】次に図 31 に示す工程では、レジスト層（図示しない）を用いて、前記第 3 の絶縁層 58 の一部を除去して穴部 58a、58b を形成する。一方の前記穴部 58a を前記主磁極層 24 の基底部 24b 上に形成する。また他方の穴部 58b を、接続層 25 上に形成する。

【0152】次に図 32 に示す工程では、前記主磁極層 24 よりも厚い膜厚のレジスト層 67 を前記第 3 の絶縁層 58 上に形成し、前記レジスト層 67 にヨーク層 35 の抜きパターン 67a を露光現像により形成する。

【0153】図 32 に示すように、前記抜きパターン 67a の前端面 67b を、対向面 H1a よりもハイト方向奥側に形成し、また前記抜きパターン 67a を前記接続層 25 上にまで延ばして形成する。

【0154】なお図 32 に示すように、前記抜きパターン 67a の前端面 67b よりも対向面 H1a 側に残されたレジスト層 67 は、その後端面 67c が、下面から上面にかけてハイト方向に徐々に深くなる傾斜面、あるい

10

20

30

40

50

は湾曲面で形成されているが、これは、レジスト層 67 の種類を変え、露光現像された部分を残し、露光現像されていない部分を除去できるレジスト層 67 を用いることによって達成できる。

【0155】そして前記抜きパターン 67a 内にヨーク層 35 をメッキ形成し、前記レジスト層 67 を除去する。これにより前記前端面 35a がハイト方向奥側に位置し、前記主磁極層 24 よりも膜厚の厚いヨーク層 35 を形成することができる。

【0156】なお図 32 のように、前記ヨーク層 35 は前記主磁極層 24 の基端部 24b 上と接続層 25 上にそれぞれ磁気的に接続されている。また前記レジスト層 67 を除去した後、前記ヨーク層 35 の下以外の部分に形成されたメッキ下地層（図示しない）をエッチングで除去する。このとき前記主磁極層 24 の上面は第 3 の絶縁層 58 によって保護されているので、前記エッチング工程で前記主磁極層 24 が削られることを回避できる。

【0157】上記の工程により図 5 に示す垂直磁気記録ヘッドが完成する。次に図 6 に示す垂直磁気記録ヘッドの製造方法について図 33 および図 34 を用いて説明する。

【0158】図 33 に示す工程では、前記絶縁層 33 の上面 33a、接続層 25 の上面 25a、および底上げ層 31 の上面 31a の全体にレジスト層 68 を形成し、露光現像により、磁性材料層 69 の抜きパターン 68a を形成する。図 33 に示すように前記抜きパターン 68a の前端面 68b を前記対向面 H1a と同一面上に形成し、また前記抜きパターン 68a を前記接続層 25 上にまで延ばして形成する。

【0159】そして前記抜きパターン 68a 内に磁性材料層 69 をメッキ形成し、前記レジスト層 68 を除去する。なおメッキ下地層（図示しない）が絶縁層 33 の全面に敷かれているので、前記磁性材料層 69 の下に形成された前記メッキ下地層を残して他のメッキ下地層をエッチングで除去する。

【0160】図 33 に示すように前記磁性材料層 69 はその前端面 69a が前記対向面 H1a に現れ、また基端部 69b が前記接続層 25 上に磁気的に接続された状態になっている。

【0161】次に図 34 に示す工程では、前記磁性材料層 69 上にレジスト層 70 を形成し、露光現像によって前記磁性材料層 69 の前方上に主磁極層 24 形成のための抜きパターン 70a を形成する。

【0162】次に前記抜きパターン 70a 下で露出する磁性材料層 69 の一部をエッチングにて除去する（点線部分）。これにより前記抜きパターン 70a 下に残された磁性材料層 69 の膜厚は薄くなり、この部分が主磁極層 24 となり、エッチングされず膜厚の厚い磁性材料層 69 はヨーク層 35 となり、前記主磁極層 24 とヨーク層 35 とが一体化された図 6 の垂直磁気記録ヘッドが完

成する。なおこの製造方法では、膜厚の厚い磁性材料層 69 を形成した後、磁性材料層 69 の下以外のメッキ下地層を予め除去しているので、例えば図 29 ないし図 32 の製造工程のように、ヨーク層 35 形成のエッチング工程で主磁極層 24 が削られないように前記主磁極層 24 を保護するための第 3 の絶縁層 58 が必要ないなど、製造工程を簡略化することが可能である。

【0163】上記したいずれの製造方法でも、前記主磁極層 24 を平坦化面上に形成できるので、前記主磁極層 24 をパターン精度良く形成でき、またメッキ下地層を除去する際のエッチングにより前記主磁極層 24 のトラック幅 Tw を小さくでき、今後の高記録密度化に伴う狭トラック化に対応可能な垂直磁気記録ヘッドを製造できる。

【0164】また図 22 ないし図 32 に示す工程では、主磁極層 24 とヨーク層 35 とを別工程で形成できるから、前記ヨーク層 35 形成時の膜厚を主磁極層 24 形成時の膜厚よりも厚くして前記ヨーク層 35 の膜厚を主磁極層 24 の膜厚よりも容易に大きく形成できる。また図 33 および 34 に示すように主磁極層 24 とヨーク層 35 とを一体形成する場合も、本発明の製造方法を用いれば、前記主磁極層 24 の膜厚よりも前記ヨーク層 35 の膜厚を厚くできる。

【0165】さらに前記主磁極層 24 とヨーク層 35 とを別々の工程で製造することで、主磁極層 24 のトラック幅 Tw を、前記ヨーク層 35 の幅寸法と別のものとして設定でき、特に図 1、3、4 のように主磁極層 24 とヨーク層 35 とを上下で重ねあわせる構造の場合、前記ヨーク層 35 を自由に対向面 H1a に近い位置に形成できるため、従来よりも前記主磁極層 24 のハイト方向への長さ寸法を長く形成でき、前記主磁極層 24 を所定のトラック幅 Tw で、しかも形状にばらつき無く形成できる。

【0166】以上のように図 1 ないし図 6 に示す垂直磁気記録ヘッドの製造方法について説明したが、以下では、本発明における前記主磁極層 24 の前端面 24a の形成方法について説明する。図 35 ないし図 37 は正面図であり、代表的に図 1 の垂直磁気記録ヘッドの製造工程（図 22）を用いて説明するが、図 2 ないし図 6 のいずれの垂直磁気記録ヘッドの製造工程にも適用できる。

【0167】図 35 は図 22 に示す製造工程時の垂直磁気記録ヘッドの部分正面図である。図 22 に示す工程では、前記主磁極層 24 のメッキ下地層 71 を形成した後、この上にレジスト層 60 を形成している。

【0168】次に前記レジスト層 60 に露光現像により主磁極層 24 形成のための抜きパターン 60a を形成する。その後、熱処理を施し、前記レジスト層 60 の内側端面にだれを生じさせる（点線を参照）。これにより前記抜きパターン 60a の内側端面は、下面から上面にかけてトラック幅方向（図示 X 方向）の幅寸法が広がる傾

斜面あるいは湾曲面となる。

【0169】そして図36に示す工程のように、前記抜きパターン60a内に主磁極層24をメッキ形成して前記レジスト層60を除去する。その状態は図37であり、図37に示すように、前記主磁極層24のトラック幅方向の両側側辺24g、24gには、下面から上面にかけて幅寸法が広がる傾斜面あるいは湾曲面が形成される。

【0170】次に前記主磁極層24の下側に形成されたメッキ下地層71以外のメッキ下地層71を異方性エッチングにて除去する。なお前記エッチング角度は、垂直方向に対し45°以上で70°前後傾いていることが好ましい。このエッチング工程により不要なメッキ下地層71aは除去される。また前記エッチング工程により主磁極層24も一部削られる。

【0171】図37に示すように、前記主磁極層24の両側側辺24g、24gが削られることにより、前記主磁極層24の上面の幅寸法で規制されるトラック幅Twは小さくなり（点線で示す）、狭トラック化に対応可能な垂直磁気記録ヘッドを製造することができる。

【0172】なお前記メッキ下地層71に非磁性の例えばCuなどの金属材料を用いた場合、前記主磁極層24下の周囲に若干延出して前記メッキ下地層71が残されていてもかまわないので、前記メッキ下地層71に磁性金属材料を用いる場合に比べてエッチング制御を簡単にすることができる。

【0173】また前記主磁極層24の形成時に、図35および図36のようなレジスト層60を用いない方法もある。これは前記メッキ下地層71を非磁性金属材料で形成した後、前記メッキ下地層71上に無機絶縁材料の層を形成する。さらに前記無機絶縁材料の層上に所定の間隔が空けられたレジスト層を形成し、前記間隔内から露出する前記無機絶縁材料の層をエッチングにより除去する。除去された空間内のトラック幅方向の両側端面は、下面から上面にかけて幅寸法が広がる形状で形成され、この空間内に主磁極層24をメッキ形成する。これによりトラック幅方向の両側側辺24g、24gに下面から上面にかけて幅寸法が広がる傾斜面あるいは湾曲面が形成された主磁極層24を形成することが可能である。

【0174】なお本発明では、前記レジスト層60は、少なくとも前記対向面H1aでのトラック幅方向の内幅寸法が、前記補助磁極層21から離れるにしたがって広がるように形成されていれば良く、前記対向面よりもハイト方向後方における抜きパターンの両側の内端面に図36に示す傾斜面が形成されていなくてもよい。

【0175】また図1ないし図6に示す実施形態では、読取り部H_Rが形成されているが、これが形成されていなくても良い。

【0176】

【発明の効果】以上のように本発明では、主磁極層は平坦化された面上に形成されるので、前記主磁極層を形成する際のパターン精度を向上させることができ、前記主磁極層の特に前端面を微小なトラック幅Twで正確にしかも容易に形成することができる。したがって本発明では狭トラック化に適切に対応することができ、今後の高記録密度化に対応可能な垂直磁気記録ヘッドを製造することが可能である。

【0177】また本発明では、ヨーク層の膜厚を主磁極層の膜厚よりも厚く形成することができ、前記主磁極層の前端面よりも十分に大きい断面積を有する前記ヨーク層を形成できる。従って前記ヨーク層から前記主磁極層に適切に記録磁界を導くことができ、磁束の通過効率が良くなって、オーバーライト特性を向上できる。

【0178】また、主磁極層およびヨーク層を別々に形成し、前記ヨーク層を前記主磁極層の上や下に重ねあわせることで、前記主磁極層のトラック幅Twで形成された幅細の領域を長く形成しても、前記ヨーク層を記録媒体との対向面側に自由に近づけて形成することが可能になるので、磁束の集約を図ることができると共に、前記主磁極層をパターン精度良く、所定のトラック幅Twで形成することが可能になる。

【0179】さらに本発明では、主磁極層の前端面の側辺は下面から上面に向けてトラック幅方向への幅寸法が広がる傾斜面あるいは湾曲面となっており、これにより記録時において、スキュー角を生じたとしても、フリンジングを防止できるようになり、オフトラック性能の向上を図ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明における第1実施形態の垂直磁気記録ヘッドの縦断面図、

【図2】本発明における第2実施形態の垂直磁気記録ヘッドの縦断面図、

【図3】本発明における第3実施形態の垂直磁気記録ヘッドの縦断面図、

【図4】本発明における第4実施形態の垂直磁気記録ヘッドの縦断面図、

【図5】本発明における第5実施形態の垂直磁気記録ヘッドの縦断面図、

【図6】本発明における第6実施形態の垂直磁気記録ヘッドの縦断面図、

【図7】本発明における垂直磁気記録ヘッドの部分正面図、

【図8】本発明における垂直磁気記録ヘッドの別の部分正面図、

【図9】本発明における磁気ヘッドにスキュー角が発生した状態を示す説明図、

【図10】図1の平面図、

【図11】図1の別の実施形態を示す部分正面図、

【図12】図11の平面図、

【図13】図2の平面図、
 【図14】図3の平面図、
 【図15】図4の平面図、
 【図16】図4の別の平面図、
 【図17】図5の平面図、
 【図18】図6の平面図、
 【図19】本発明における垂直磁気記録ヘッドの製造方法を示す一工程図、
 【図20】図19に示す工程の次に行なわれる一工程図、
 【図21】図20に示す工程の次に行なわれる一工程図、
 【図22】図21に示す工程の次に行なわれ、図1に示す垂直磁気記録ヘッドの製造方法を示す一工程図、
 【図23】図22に示す工程の次に行なわれる一工程図、
 【図24】図21に示す工程の次に行なわれ、図2に示す垂直磁気記録ヘッドの製造方法を示す一工程図、
 【図25】図24に示す工程の次に行なわれる一工程図、
 【図26】図21に示す工程の次に行なわれ、図3に示す垂直磁気記録ヘッドの製造方法を示す一工程図、
 【図27】図26に示す工程の次に行なわれる一工程図、
 【図28】図27に示す工程の次に行なわれる一工程図、
 【図29】図21に示す工程の次に行なわれ、図5に示す垂直磁気記録ヘッドの製造方法を示す一工程図、
 【図30】図29に示す工程の次に行なわれる一工程図、
 【図31】図30に示す工程の次に行なわれる一工程図、
 【図32】図31に示す工程の次に行なわれる一工程図、

【図7】

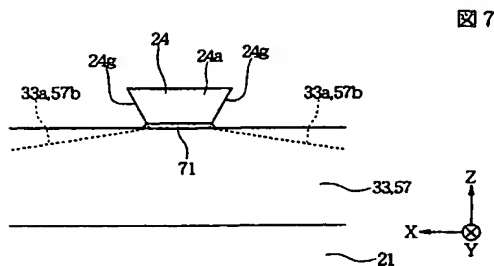


図7

【図33】図21に示す工程の次に行なわれ、図6に示す垂直磁気記録ヘッドの製造方法を示す一工程図、
 【図34】図33に示す工程の次に行なわれる一工程図、
 【図35】主磁極層の前端面の形成方法を示す一工程図、
 【図36】図35に示す工程の次にお壊れる一工程図、
 【図37】図36に示す工程の次に行なわれる一工程図、
 【図38】従来の垂直磁気記録ヘッドの構造を示す縦断面図、
 【図39】従来における磁気ヘッドにスキュー角が発生した状態を示す説明図、
 【符号の説明】
 H 垂直磁気記録ヘッド
 H1a 対向面
 M 記録媒体
 Ma ハード面
 Mb ソフト面
 11 スライダ
 21 補助磁極層
 24 主磁極層
 25 接続層
 27 コイル層
 33 絶縁層
 35 ヨーク層
 56 第2の絶縁層
 57 第4の絶縁層
 58 第3の絶縁層
 60、61、62、63、64、65、66、67、68、70 レジスト層
 69 磁性材料層
 71 メッキ下地層

【図8】

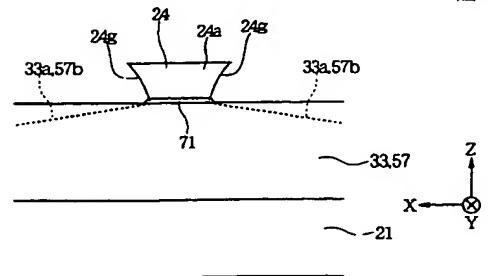
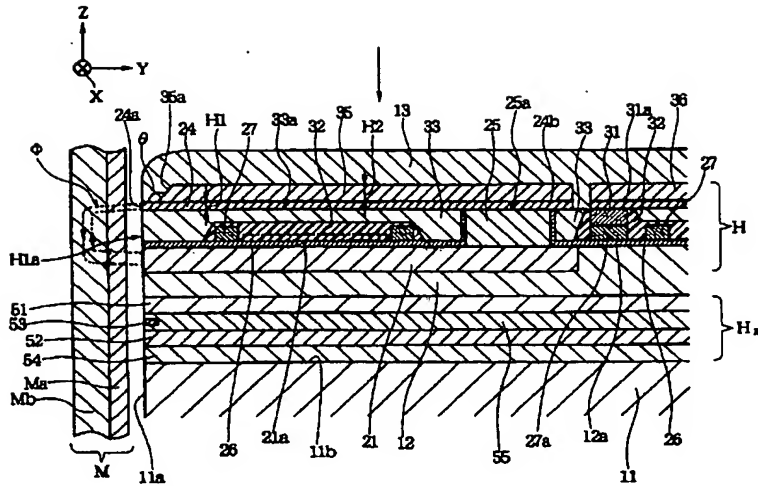
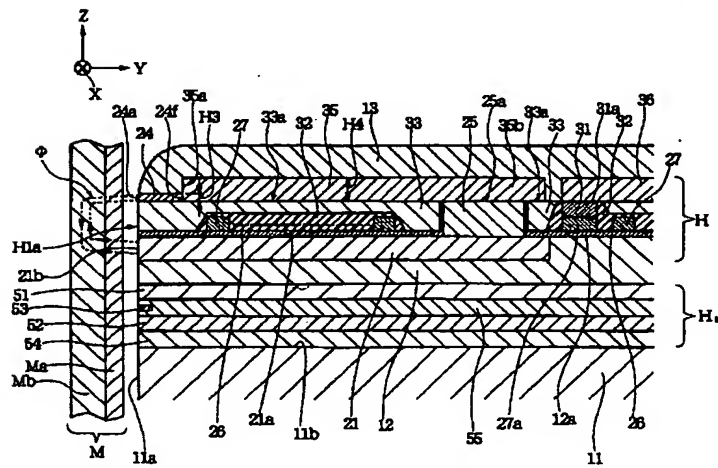


図8

【図1】



【図2】



【図11】

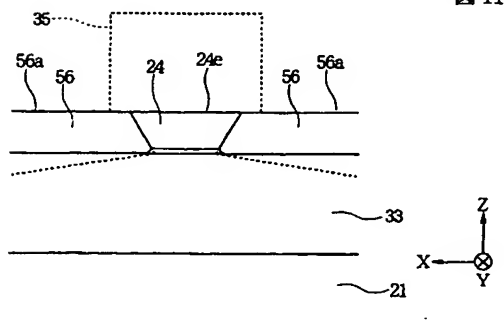
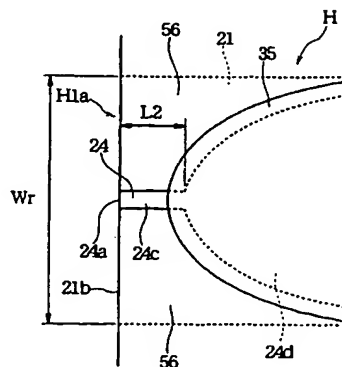
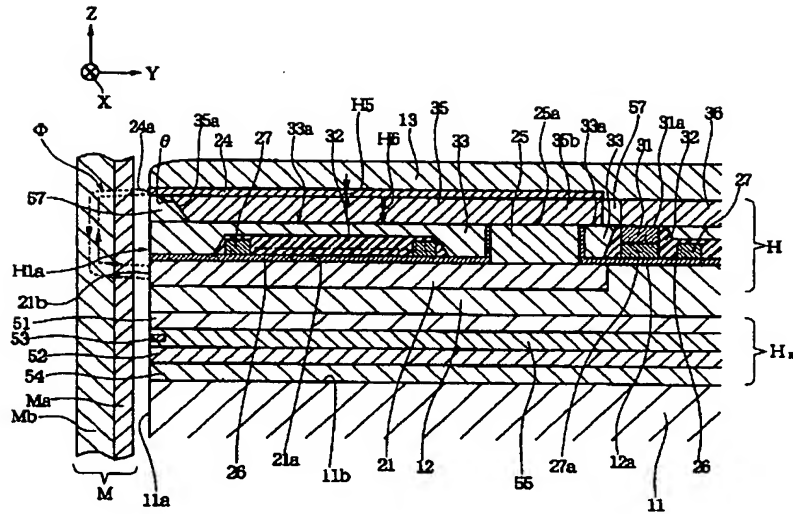


図11

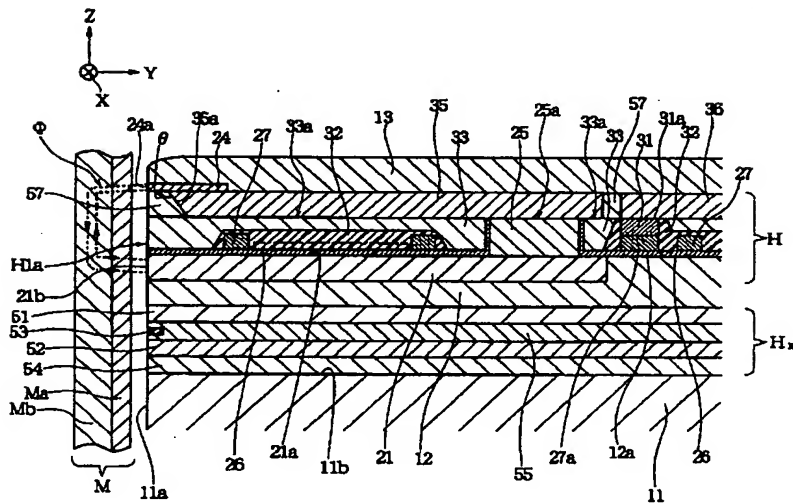
【図12】



【図3】



【図4】



【図15】

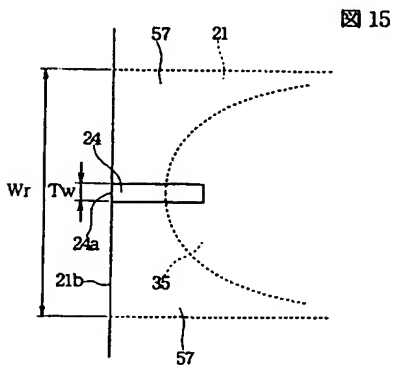
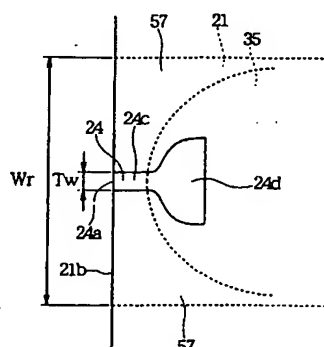
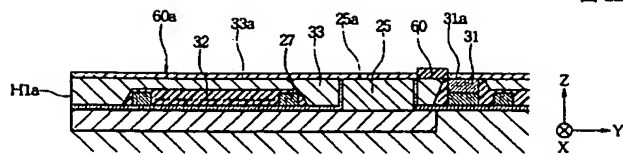


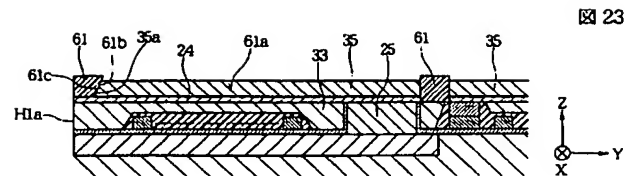
図15



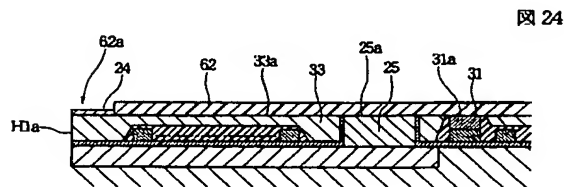
【図 2 2】



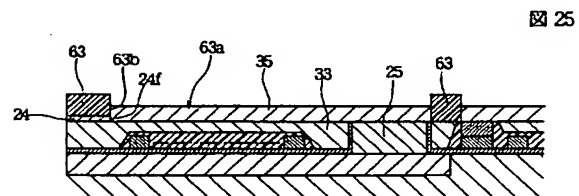
【図 2 3】



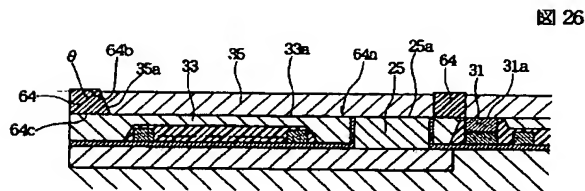
【図 2 4】



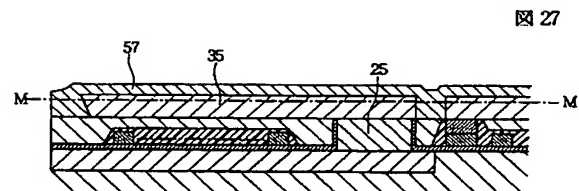
【図 2 5】



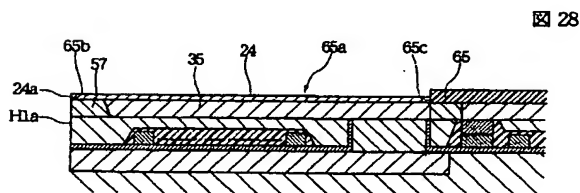
【図 2 6】



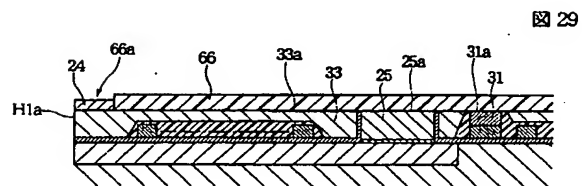
【図 2 7】



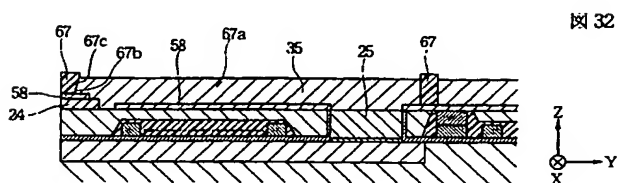
【図 2 8】



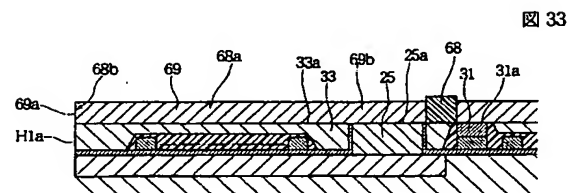
【図 2 9】



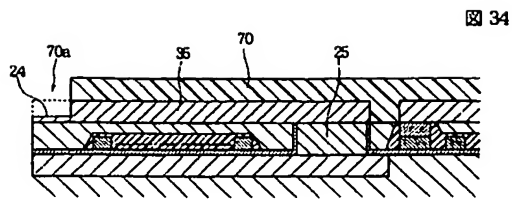
【図 3 2】



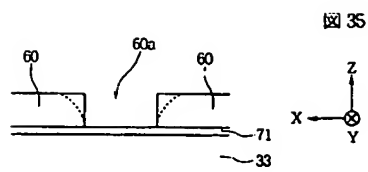
【図 3 3】



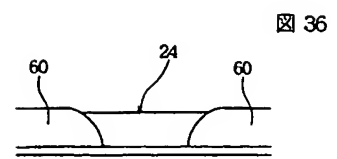
【図 34】



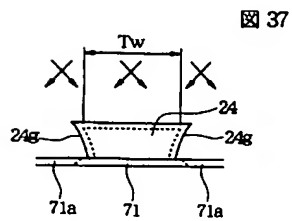
【図 35】



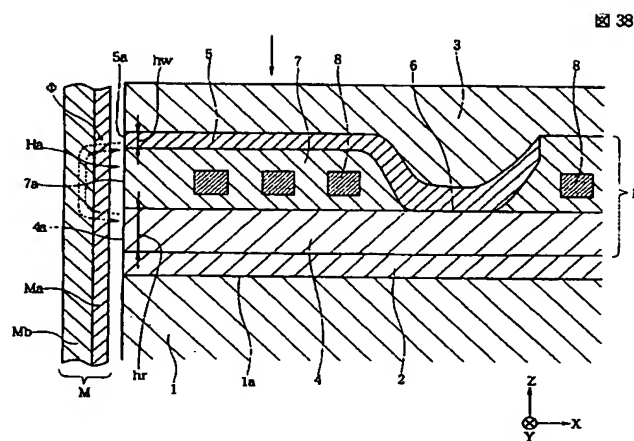
【図 36】



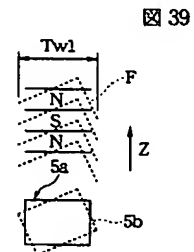
【図 37】



【図 38】



【図 39】



【手続補正書】

【提出日】平成14年2月15日(2002. 2. 15)

【手続補正1】

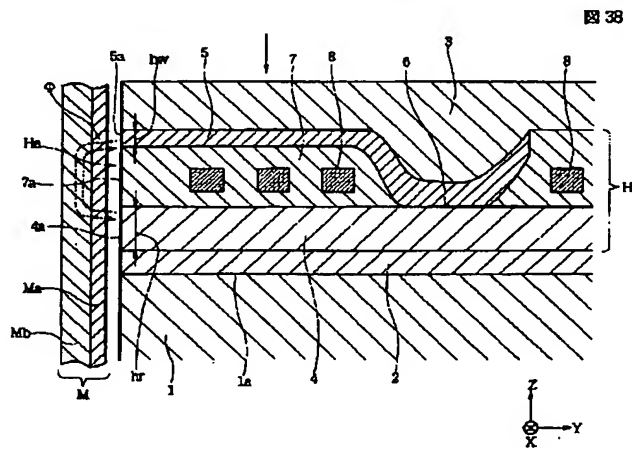
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図 38

【補正方法】変更

【補正内容】

【図 38】



フロントページの続き

(72)発明者 牛脇 英紀
東京都大田区雪谷大塚町 1 番 7 号 アルプ
ス電気株式会社内
(72)発明者 小林 潔
東京都大田区雪谷大塚町 1 番 7 号 アルプ
ス電気株式会社内
(72)発明者 山田 稔
東京都大田区雪谷大塚町 1 番 7 号 アルプ
ス電気株式会社内

(72)発明者 佐藤 清
東京都大田区雪谷大塚町 1 番 7 号 アルプ
ス電気株式会社内
(72)発明者 渡辺 利徳
東京都大田区雪谷大塚町 1 番 7 号 アルプ
ス電気株式会社内
Fターム(参考) 5D033 AA05 BA08 BA12 CA01 CA02
DA04 DA07 DA08 DA31
5D111 AA08 AA11 AA24 BB09 BB16
GG14 GG16 JJ07 KK04

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☐ BLACK BORDERS

☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES

☒ FADED TEXT OR DRAWING

☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING

☐ SKEWED/SLANTED IMAGES

☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS

☐ GRAY SCALE DOCUMENTS

☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT

☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY

☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.